

Aguas Continentales

El actual Informe País sobre recursos hídricos, intenta hacer un abordaje de la problemática del agua, considerando los antecedentes recopilados al año 2008 y contrastándolos con las cifras definidas en las anteriores versiones de 1999, 2002 y 2005. Así, nuevamente el primer elemento que se destaca es un análisis del estado actual de los recursos hídricos, tanto cuantitativa como cualitativamente. El segundo aspecto, intenta analizar las presiones a las que se ve sometido el recurso, dada la diversidad de usos que presenta y los efectos de variables exógenas al sistema, como lo es el cambio climático. Seguidamente se revisa la posición que ha tomado el Estado de Chile y las instituciones ligadas a la gestión de los recursos hídricos, frente a la problemática hídrica, centrando este análisis preferentemente en el periodo 1990-2008. Finalmente, se entrega un análisis de las perspectivas hacia la gestión del recurso agua, fijando tareas prioritarias e intentando trazar líneas de acción para las futuras actuaciones, a nivel de investigación, de institucionalidad, de enfoques técnicos y de participación, para una adecuada toma de decisiones con respecto al principal recurso natural del país.

2.1 ESTADO DE LAS AGUAS CONTINENTALES

2.1.1 DISPONIBILIDAD NATURAL DE AGUA

En términos generales, Chile al igual que otros países, posee una oferta de agua estable. Según el World Water Assesment Programme, de Naciones Unidas, 2003, la disponibilidad del país es de 60.614 m3/hab/año, cifra que lo sitúa en el lugar 20 de los países del mundo en relación a la disponibilidad de agua, y en donde el valor promedio ponderado en función de la población es de 9.245 m3/hab. Sin embargo, la disponibilidad natural de agua en el país, es muy variable y es así como, desde Santiago al norte, la disponibilidad promedio por habitante es de 639 m3/hab/año, cifra claramente insuficiente, y que es el valor de la oferta de agua para más del 60% de la población del país.

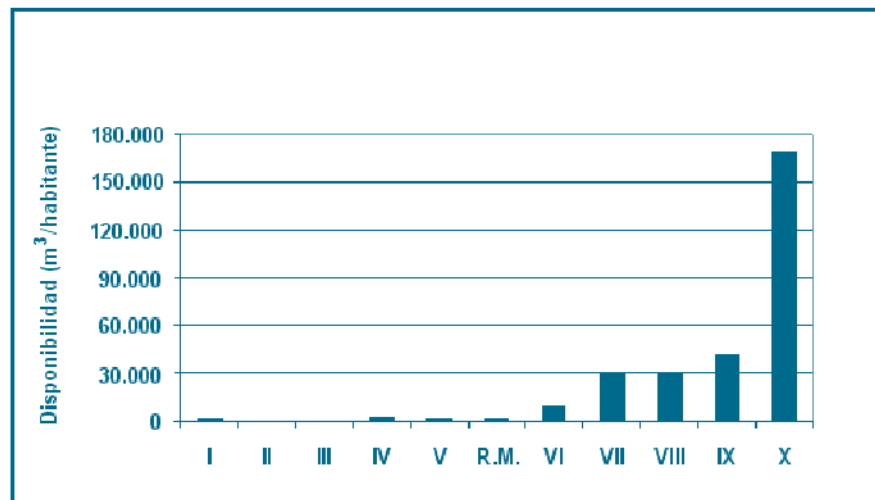
Por otra parte, si se analiza la disponibilidad de agua en las diferentes regiones, se verifica una importante diferencia en el volumen anual. Así, entre la Región de Arica y Parinacota y la región Metropolitana (zona norte y parte de la zona central de Chile), la disponibilidad natural de agua no supera los 1.000 m³/hab/año, alcanzando en algunos casos a los 200 m³/hab/año. En estas regiones las demandas de agua superan el caudal disponible, debido a esto, toma gran importancia la explotación de los acuíferos dirigidos al abastecimiento doméstico y al sector industrial, principalmente la minería.

Entre las regiones de O’Higgins y La Araucanía (zona central y parte de la zona sur de Chile), la disponibilidad natural de agua supera los 9000 m³/hab/año, llegando hasta los 41.000m³/hab/año. En el mismo sentido, se puede señalar que la relación demanda/disponibilidad es bastante más favorable en esta parte del territorio nacional.

Desde la región de Los Ríos hacia el sur (zonas sur y austral de Chile) se observa que la disponibilidad natural de agua supera los 169.500 m³/hab/año. En el mismo contexto, se puede señalar que la disponibilidad supera ampliamente la demanda debido a que estas zonas presentan una alta pluviosidad.

Al analizar la disponibilidad de agua por habitante para cada región del país, queda de manifiesto que dicha oferta es muy diferente entre las zonas norte y sur de Chile, ya que se observan diferencias de disponibilidad de agua per cápita, en donde los valores mínimos que se encuentran en la zona norte, son superados hasta en 800 veces por los valores máximos que se encuentran en la parte centro-sur del país, tal como lo muestra la Figura 2.1.

Figura 2.1 Disponibilidad de agua por habitante desde la región de Tarapacá hasta la región de Magallanes



Fuente: Dirección General de Aguas (DGA), 1999

El Balance Hídrico del país a nivel de regiones (considerando la antigua regionalización de Chile, con sólo trece regiones), desarrollado en 1987 por la Dirección General de Aguas (DGA), estima elementos del flujo hidrológico y permite dar luces acerca de su comportamiento (Cuadro 2.1). Así se destaca, por un lado que la zona que más aporte de precipitaciones posee (Región de Aysén), supera en más de 70 veces a la que recibe el

menor aporte (Región de Antofagasta). Por otro lado, destaca la relación entre la evapotranspiración y la precipitación, siendo, en el norte del país (desde la región de Coquimbo al norte), mayor al 90 %, mientras que en la zona austral (desde la región de Los Lagos al sur), esta relación no supera el 20 %. Esto deja de manifiesto la alta variabilidad de los factores que inciden en la disponibilidad de agua.

Cuadro 2.1 Balance hídrico nacional a nivel de regiones y para un año promedio.

Región	Precipitación		Escurritia		Evapotranspiración real				Evaporación desde lagos y salares		
					Superficie natural		Superficie regada (1)				
	m3/s	mm	m3/s	mm	m3/s	mm	m3/s	mm	m3/s	mm	
Tarapacá	157	93,6	11,9	7,09	136	81,1	3,64	2,17	4,73	2,82	(2)
Antofagasta	182	44,5	0,93	0,23	156	38,2	1,62	0,40	21,8	5,34	(3)
Atacama	205	82,4	1,88	0,76	194	78,0	3,31	1,33	5,17	2,08	(4)
Coquimbo	281	222	22,2	17,5	237	187	21,6	17,1	1,67	1,32	(5)
Valparaíso	211	434	40,7	83,7	149	306	20,1	41,3			(6)
Metropolitana	335	650	103	200	186	361	30,5	59,2	1,01	1,96	(7)
O'Higgins	508	898	205	32	281	497	15,4	27,2	3,04	5,37	(8)
Maule	1347	1377	767	784	536	548	38,4	39,2			(9)
Bio-Bio	2467	1766	1638	1173	811	581	26,9	19,3			
Araucanía	1451	2058	1041	1476	406	576			6,00	8,51	
Los Lagos	6319	2970	5155	2423	1124	528			44,9	21,1	
Aysén	11763	3263	10134	2818	1537	427			64,6	18,0	
Magallanes	11748	2713	10124	2338	1604	370			24,7	5,71	
Chile	36947	1522	29244	1204	7357	303			178	7,33	

(1) Considera solamente el aumento de evaporación que experimenta una superficie natural cuando se incorpora riego

(2) No se incluyen consumos netos de uso doméstico, industriales y/o mineros estimados en 0, 65 m³/s.

(3) No se incluyen consumos netos de uso doméstico, industriales y/o mineros estimados en 2,07 m³/s.

(4) No se incluyen consumos netos de uso doméstico, industriales y/o mineros estimados en 0,50 m³/s.

(5) No se incluyen consumos netos de uso doméstico, industriales y/o mineros estimados en 1,14 m³/s.

(6) No se incluyen consumos netos de uso doméstico, industriales y/o mineros estimados en 0, 60 m³/s, ni trasvases netos a otras cuencas de 0,8 m³/s.

(7) No se incluyen consumos netos de uso doméstico, industriales y/o mineros estimados en 3,00 m³/s, ni aportes netos desde otras cuencas de 4,7 m³/s.

(8) No se incluyen aportes netos a otras cuencas de 1,3 m³/s.

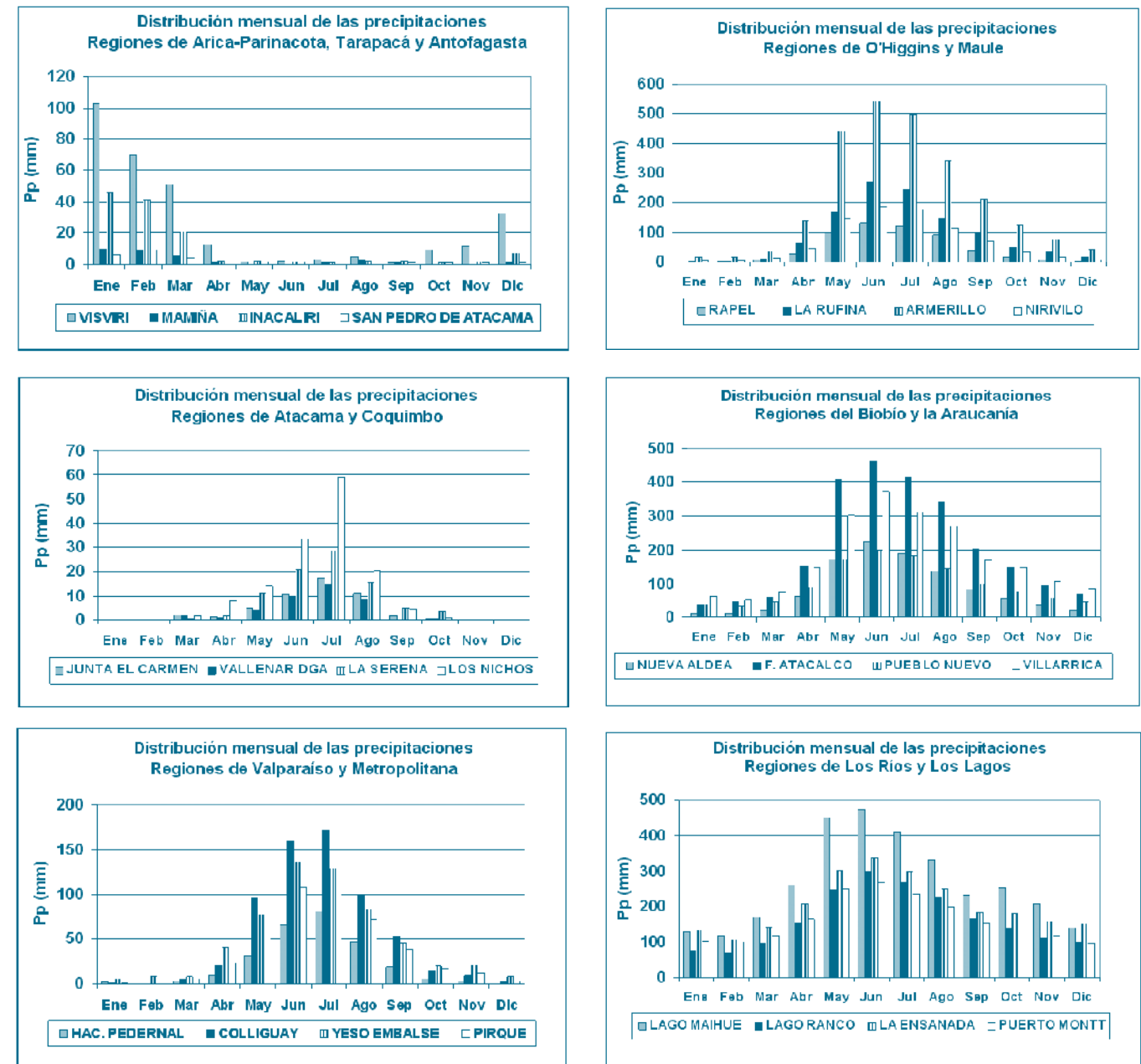
(9) No se incluyen aportes netos a otras cuencas de 4,7 m³/s.

Fuente: Balance hídrico de Chile 1987, Dirección General de Aguas (1987)

Con información de la red conformada por las estaciones pluviométricas distribuidas a lo largo del territorio nacional, se pueden obtener una serie de valores mensuales para el análisis de la variación temporal de las precipitaciones. En los siguientes gráficos se representa la distribución men-

sual de las precipitaciones en las diferentes regiones del país, constituidos con información actualizada de las estaciones a los años 2006 y 2008 (Ver información en Anexo I).

Figura 2.2 Distribución mensual de las precipitaciones a lo largo del territorio

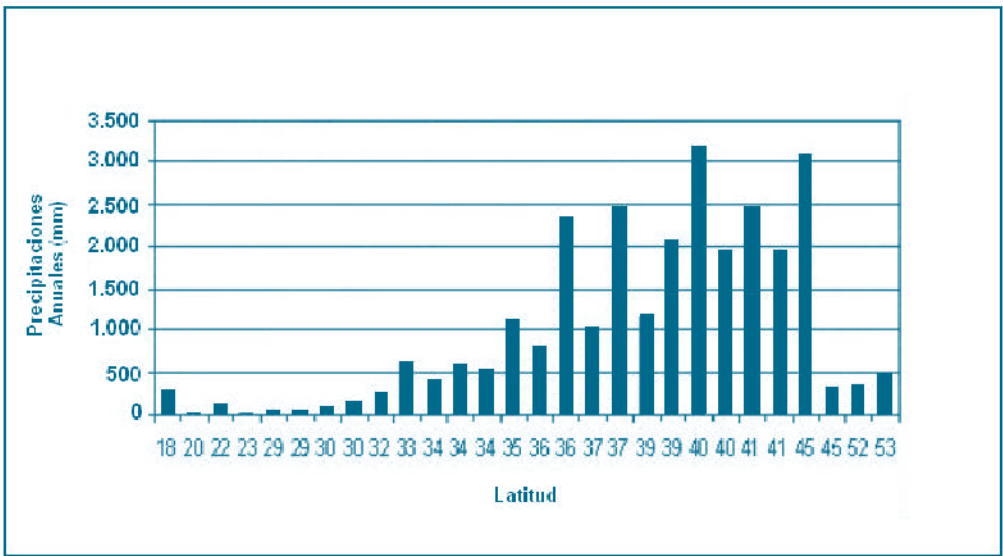


Fuente: DGA (2009), Valdés (2009), Olivares (2009), León (2006)

En los gráficos se pueden observar claramente las diferencias temporales de las precipitaciones a lo largo del país. Así se tiene que, en el norte en la región de Arica y Parinacota, en la región de Tarapacá y en la región de Antofagasta, las precipitaciones se concentran en los meses de verano, y la máxima mensual difícilmente supera los 100 mm. Siguiendo más al sur, entre las regiones de Atacama y Los Lagos, se observa que la estación lluviosa corresponde a los meses de invierno, diferenciándose claramente de la época estival; mientras que, en la zona austral, si bien se aprecia una mayor pluviosidad en los meses de invierno, durante el verano también ocurren importantes eventos de precipitación.

Siguiendo con el análisis del comportamiento temporal de las precipitaciones, fue posible establecer para un conjunto de 28 estaciones, una relación entre las precipitaciones medias anuales y su ubicación latitudinal, siendo este último, el factor más incidente en la pluviosidad a lo largo del país. Así, en la Figura 2.3 se observa un incremento en el monto anual de precipitación, a medida que aumenta la latitud, a excepción de las latitudes más australes; no obstante, esta relación no es lineal. Asimismo, existen otros factores que inciden en la pluviometría anual, como la altitud y la cercanía al mar de los puntos de control.

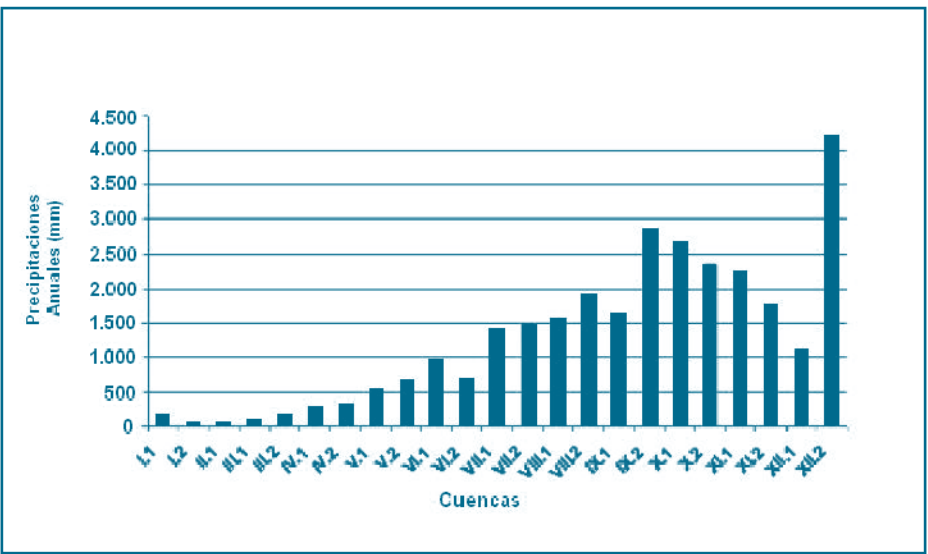
Figura 2.3 Distribución espacial de las precipitaciones medias anuales en función de la latitud



Fuente: DGA (2009), Valdés (2009), Olivares (2009), León (2006)

Otra forma de analizar la variabilidad de las precipitaciones, es mediante el estudio de los principales ecosistemas dulceacuícolas, es decir, las principales cuencas o conjuntos de cuencas para cada región del país, las que se presentan en el cuadro 2 del anexo. A partir de los datos de este anexo, se construyó la gráfica de la Figura 2.4. En ella, el eje de las abscisas representa con números romanos la Región del país de que se trata y, el número arábigo, el ecosistema seleccionado de la Región, cuya definición está en el cuadro 2 del anexo.

Figura 2.4 Precipitaciones medias de los principales ecosistemas dulceacuícolas (mm/año)



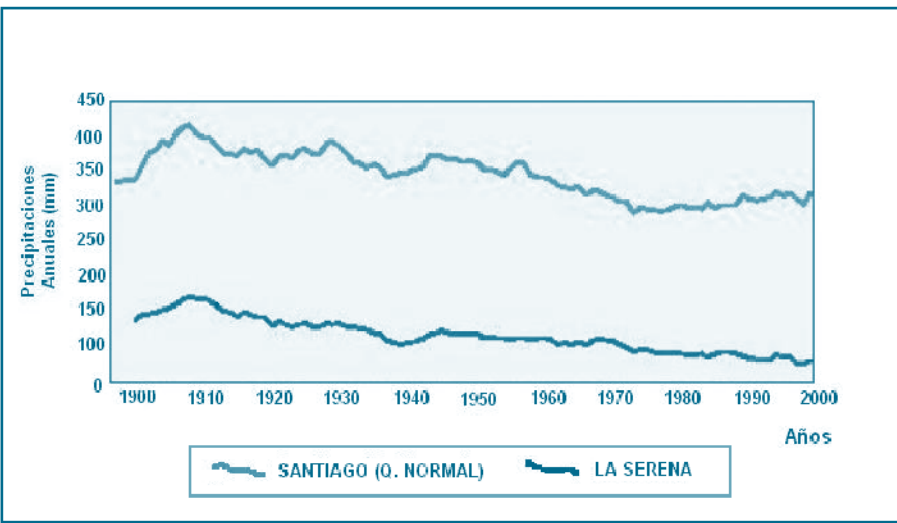
Fuente: Balance Hídrico de Chile (DGA), 1987

2.1.1.1 Cambios Hídricos por variabilidad climática

En los últimos años, el planeta ha registrado las temperaturas más altas, provocando una alerta generalizada entre los sectores ambientalistas y académico-científicos, quienes consideran que estas temperaturas con el pasar del tiempo, podrían incrementarse, dando lugar a diversos impactos en el medio ambiente, principalmente en la disponibilidad de los recursos hídricos para los diferentes usos en el largo plazo. Chile sería particularmente sensible frente a un cambio climático global, toda vez que gran parte del país está ubicado en una zona de transición climática.

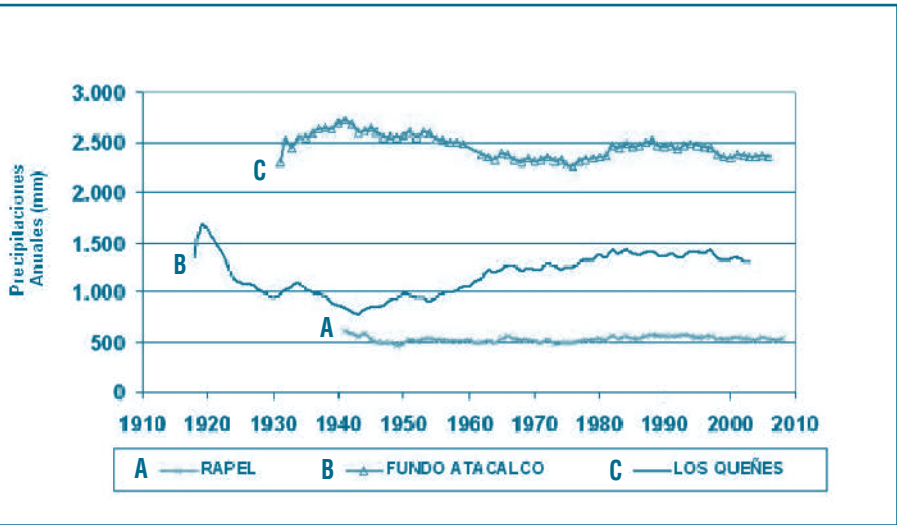
Por otra parte, la Dirección General de Aguas 1999, ha señalado que existiría una disminución sostenida de las precipitaciones, principalmente en el Norte Chico y en la Zona Central, regiones que cuentan con registros históricos de más de 100 años. A modo de ejemplo, se entrega la figura 2.5, basada en los registros pluviométricos de La Serena y Santiago para el período 1897-1996 y la figura 2.6 basada en los registros pluviométricos de la DGA para las estaciones Rapel (1941 - 2008), Fundo Atacalco (1931 - 2006) y Los Queñes (1918 - 2003).

Figura 2.5 Precipitaciones en La Serena y Santiago (Promedios móviles). 1897-1996



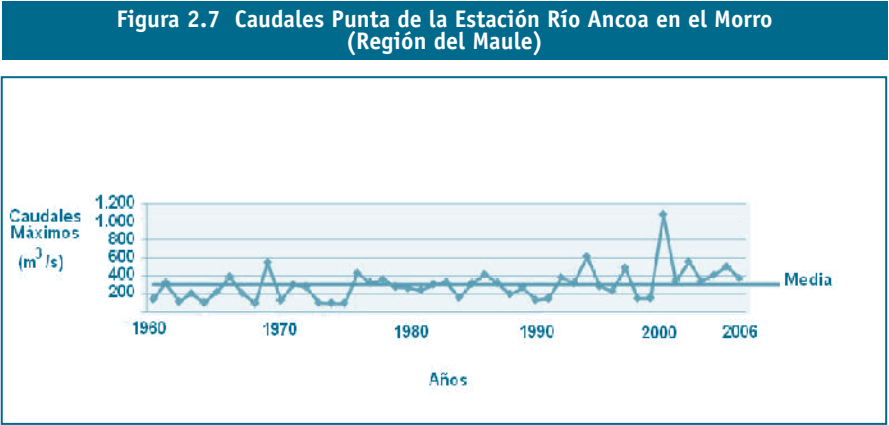
Fuente: Dirección General de Aguas (DGA), 1999

Figura 2.6 Precipitaciones (Promedios móviles) en Rapel (1941-2008), Fundo Atacalco (1931-2006) y Los Queñes (1918-2003)



Fuente: Dirección General de Aguas (DGA), 2009

En el mismo marco, los estudios de Cornejo 2005, León 2006, Pizarro et al 2008, Valdés 2009 y Olivares 2009, hechos en base a la red espacial más importante del país, que es la perteneciente a la Dirección General de Aguas, muestran que en general las precipitaciones entre las regiones de Coquimbo y, de los Ríos y Los Lagos, no manifiestan una tendencia a la disminución, sino que en la mayoría de las estaciones, la tendencia es al aumento leve o a la mantención de los valores del módulo pluviométrico anual, especialmente si se consideran los últimos 40 años. Sin embargo, esto no ocurre en la Región de Aisén, en donde la tendencia a la disminución de las lluvias, es muy pronunciada. Por otra parte, los mismos estudios muestran que las lluvias han tendido a concentrarse entre los años 1940 y 2008, y entre Coquimbo y Aisén, lo que significa que las lluvias caen en lapsos más cortos. De igual forma, el estudio de Pizarro et al 2007, referido a la construcción de curvas intensidad duración frecuencia en el país, muestra que de las 40 estaciones pluviográficas analizadas, entre las regiones de Coquimbo y la Araucanía, en más de un 90% de ellas, las intensidades más altas en una hora se verificaron en los años posteriores



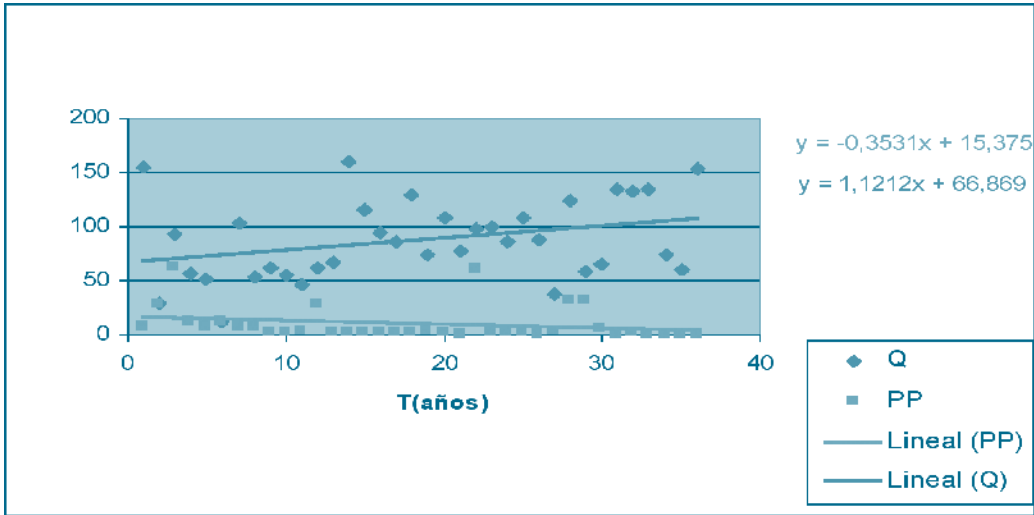
Fuente: Aguilera, 2007

a 1995, lo que habla de un cambio en el patrón de comportamiento de las intensidades de lluvia en el país.

Por otro lado, analizando otra variable meteorológica de relevancia como lo es la temperatura, el estudio de Tapia 2007, determina que las temperaturas mínimas han aumentado entre las regiones de Coquimbo y del Maule, por lo cual se estaría produciendo un ascenso en la línea de nieve o isoterma cero, lo que implicaría que el volumen de agua precipitada que se transforma en hielo o nieve y que es fuente de reservas para el periodo estival, ha disminuido, lo que traería consigo un aumento en los caudales en el periodo invierno-primavera y una disminución en el periodo verano-otoño. (DGA, 1999). Esto queda corroborado, si se analiza, por ejemplo, el comportamiento de los caudales punta en los últimos periodos, en donde la estación Río Ancoa en El Morro, de la Región del Maule, muestra según la figura 2.7., que la media de la serie de los caudales punta, se ha visto sobrepasada en forma importante en los últimos 15 años, con respecto al periodo anterior (Aguilera, 2007).

Morales 2005, estudió la relación entre las precipitaciones caídas y los caudales generados en zonas de influencia glaciar de la Región del Maule; este mismo estudio fue repetido por Cabrera en la cuenca del Maipo, en 2008 y profundizado por Pizarro et al en 2009 en la misma cuenca. Estas investigaciones, tuvieron por objetivo analizar el comportamiento de las precipitaciones y de los caudales en los últimos 30 años, en cuencas en las cuales existe influencia del derretimiento glaciar en la producción de caudales, especialmente en los meses estivales. Así, los resultados mostraron que en ambas cuencas, las precipitaciones han disminuido en los meses de primavera-verano, periodo en el cual toma lugar la fusión de nieves y hielos; por el contrario, las lluvias se han incrementado en el periodo invernal y esto al comparar periodos decadales, desde 1960 en adelante. Asimismo, en general las precipitaciones se han mantenido en sus promedios anuales o se han incrementado levemente. Sin embargo, lo que llama la atención es que verificándose una disminución de las lluvias en los meses estivales, en estos periodos los caudales se han mantenido en el tiempo e inclusive se han incrementado, lo cual únicamente se podrá atribuir a una mayor tasa de derretimiento glaciar (Figura 2.8).

Figura 2.8 Comportamiento en los meses de diciembre de las variables con respecto al tiempo, para la subcuenca El Colorado, Cuenca del Maipo, Región Metropolitana



Fuente: Cabrera, 2008

A raíz del cambio climático global, existen diversas predicciones a través de modelos, que indican que en los próximos 50 años habría una disminución de la oferta de agua, hecho que es aún una hipótesis. Sin embargo, lo que es claro para los autores de este informe, es que el cambio climático existe y, que se manifiesta en Chile en un retroceso glaciar, en un aumento de las temperaturas mínimas invernales, en una mayor concentración de las lluvias en gran parte del territorio nacional, y en un notorio aumento de los caudales punta de los ríos en la zona central del país. Esto lleva a pensar que es necesario estudiar este fenómeno con un mayor énfasis y desde una perspectiva interdisciplinaria, porque los efectos son muy amplios y sus implicancias pueden hacer necesaria una política más potente, para un uso aún más eficiente de los recursos hídricos.

2.1.2 CALIDAD Y DETERIORO DE LAS AGUAS CONTINENTALES

2.1.2.1. Perfil Hidroquímico

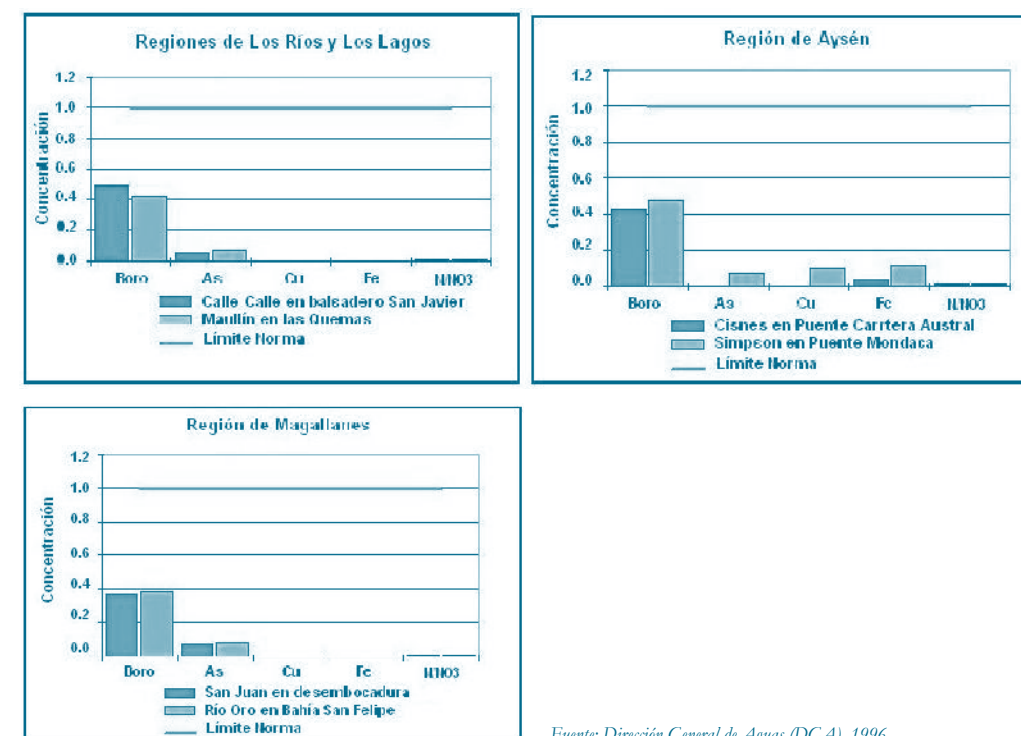
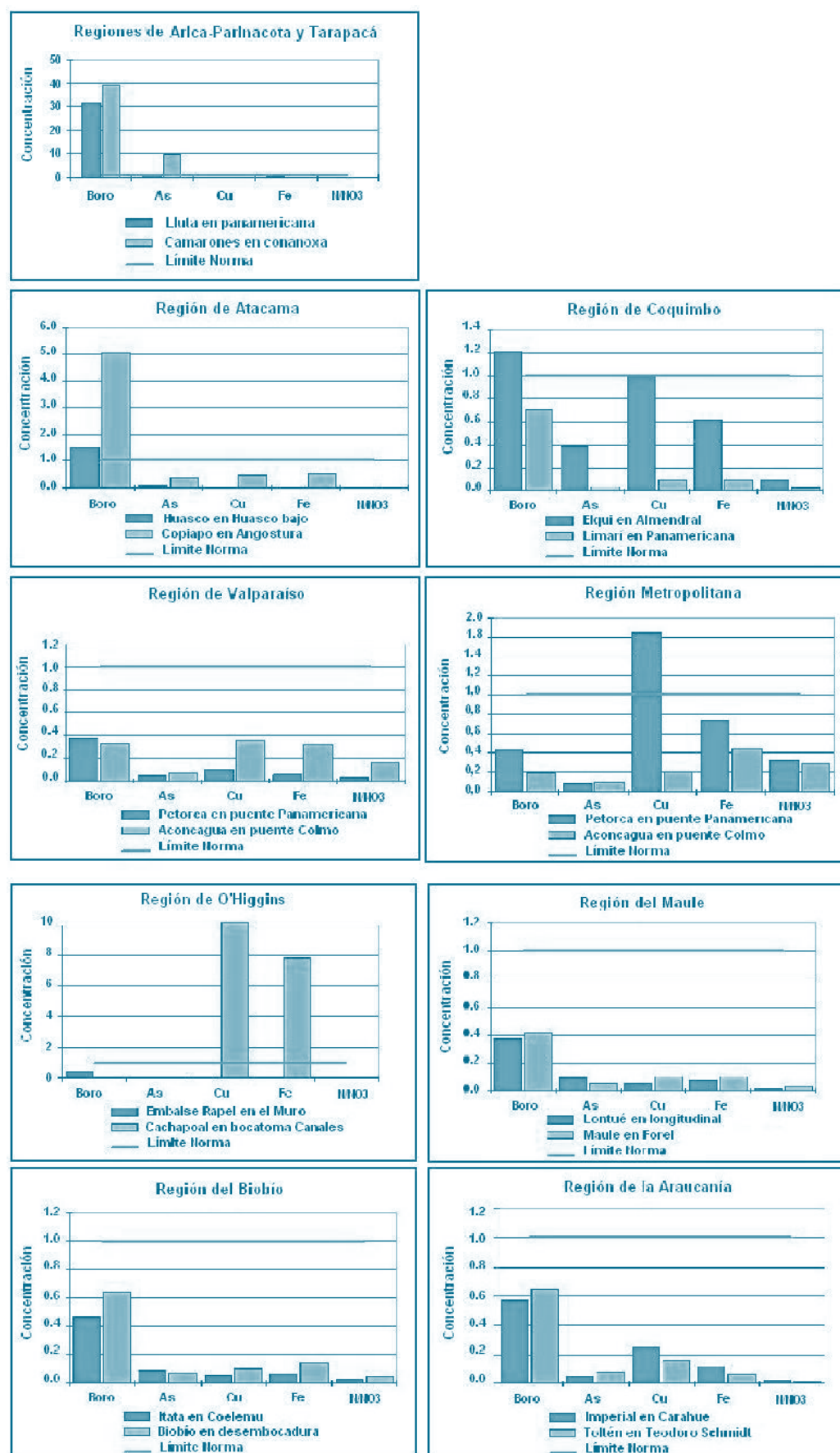
Es evidente que en ciertas áreas existe un deterioro en la calidad de las aguas continentales y una evidente ausencia de normativas de calidad ambiental para este recurso. Es por ello que, para analizar la calidad de las aguas, se toma en cuenta el cumplimiento de la norma chilena para calidad de agua de riego (NCh 1333), así como la norma de calidad de agua potable (CONAMA, 2005).

A su vez, la Dirección General de Aguas entrega en el Mapa Hidroquímico Nacional realizado el año 1996, los valores de calidad de aguas para una serie de cuencas y parámetros químicos medidos en ellas. Así, la Figura 2.9 muestra, para cada parámetro de calidad de aguas medido, las veces

en que el límite máximo permitido es superado por los valores encontrados en terreno. El límite para ello se define por un línea de color rojo, por tanto, en la medida que esa línea no sea sobrepasada, se está dentro de los límites permitidos; por el contrario, si esa línea es sobrepasada, existe una percepción clara de que la calidad del agua, con respecto al parámetro analizado, no es la apropiada para dicha zona.

En este contexto, se observa que de norte a sur existe una disminución en las concentraciones de macroelementos (Boro, Arsénico, Cobre, Fierro y Nitratos). Asimismo, desde la región de Arica-Parinacota hasta la región de Coquimbo, se advierte en algunas cuencas una concentración de boro y arsénico sobre o muy por sobre la cantidad permitida según la norma de riego NCh 1333. Por otra parte, en la cuenca del río Cachapoal de la VI Región, se presentan valores de cobre y hierro que claramente superan la norma.

Figura 2.9 Diagramas de barra normalizados, para los principales macroelementos por cuencas y Región



Fuente: Dirección General de Aguas (DGA), 1996

2.1.2.2 Efluentes y contaminación

Un elemento importante lo constituye el deterioro de la calidad de las aguas, el cual está determinado por la contaminación de cuerpos continentales de agua, principalmente lagos naturales y artificiales. Es por ello que la Dirección General de Aguas a partir del año 1968, inicia el monitoreo rutinario en ríos mas importantes del país, destinado a conocer la calidad del recurso, el que se encuentra orientado al uso en riego. Sin embargo, cabe mencionar que esta tarea en un comienzo se tornó regular, producto del número de parámetros a medir y del número de estaciones (DGA, 1998).

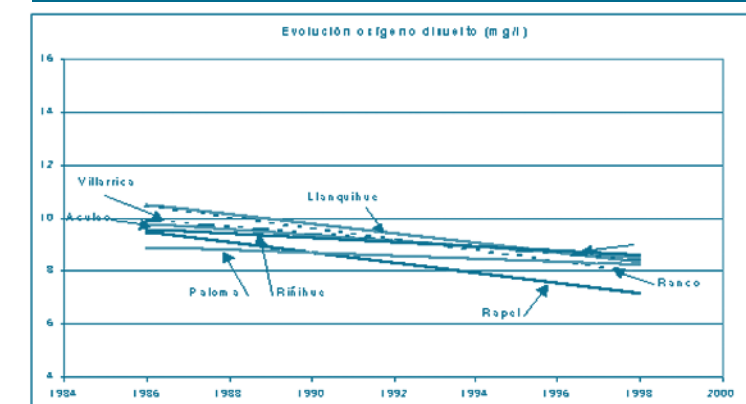
Con el fin de establecer claramente los puntos de muestreo, frecuencia y

parámetros a estudiar, en el año 1982 se desarrolla el estudio "Análisis crítico de la red de calidad de aguas", cuyo objetivo fue el diseño de una red para la generación de información general (DGA, 1998).

Según datos de la DGA (1998), la descarga de contaminantes en los cuerpos de agua, ha sido en general creciente, observándose una tendencia al incremento en zonas urbanas cercanas, la cual se ha visto notoriamente disminuida con la creación de nuevas plantas de tratamiento para aguas servidas.

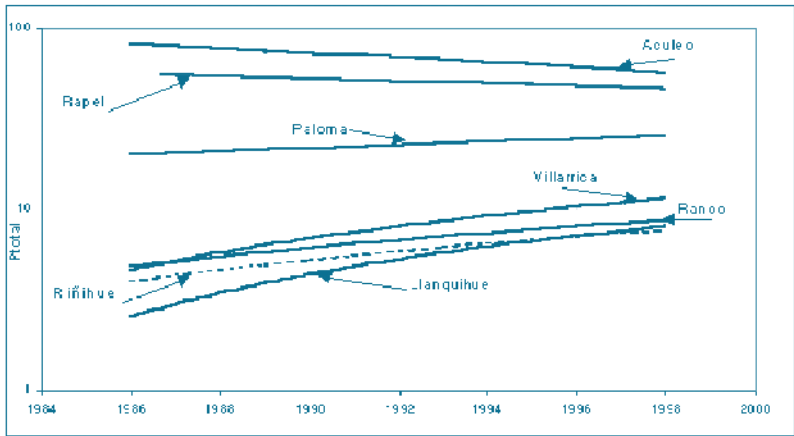
Por su parte, las Figuras 2.10, 2.11 y 2.12 muestran la evolución que ha experimentado la cantidad de fósforo total, del oxígeno disuelto y del nitrógeno total en los principales lagos del país respectivamente.

Figura 2.10 Evolución del fósforo total, en los principales lagos del país



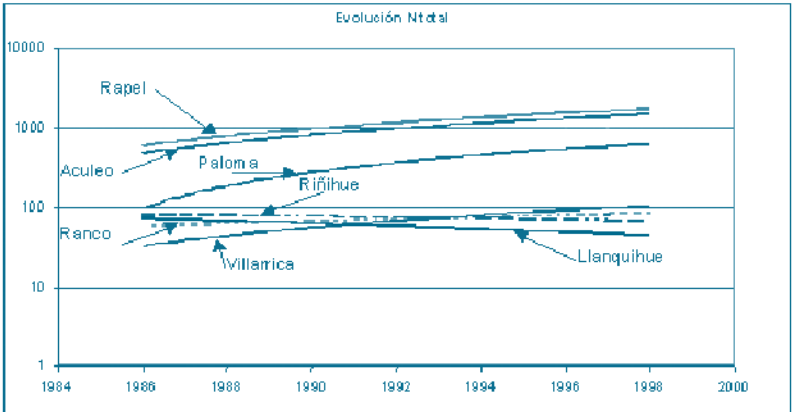
Fuente: Salazar y Soto, 1999

Figura 2.11 Evolución del oxígeno disuelto, en los principales lagos del país



Fuente: Salazar y Soto, 1999

Figura 2.12. Evolución del nitrógeno total, en los principales lagos del país



Fuente: Salazar y Soto, 1999

Asimismo, para determinar el deterioro de las aguas en los últimos años, surge como otro factor importante a considerar, el valor de calidad del agua potable. De esta forma, el cuadro 2.2 hace mención a los niveles de cumplimiento de los parámetros propuestos por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) para la calidad del agua potable, entre los años 1997 y 2008. Del cuadro se desprende que aunque la calidad se ha mantenido en muy buenos niveles, ha presentado algunas bajas, especialmente entre 2004 y 2008, hecho que no deja de ser preocupante.

Cuadro 2.2 Variación de la calidad del agua potable 1997 y 2008

	1997	2000	2004	2008
Cumplimiento Calidad Bacteriológica (%)	99,0	100,0	99,5	99,3
Cumplimiento Desinfección (%)	99,7	100,0	99,9	98,5
Cumplimiento Parámetros Físicos (%)	95,5	96,9	99,4	93,1
Cumplimiento Parámetros Químicos (%)	98,7	98,7	98,8	94,6

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), 2009

En el cuadro 2.3 se entrega la estimación de materia orgánica en los principales ríos del país utilizando como indicador la demanda biológica de oxígeno (DBO5). Dicha información fue elaborada por Cabrera, 1994, quien estableció la descarga de materia orgánica en 28 ríos del país, correspondientes a 10 regiones y el área metropolitana (no incluyó las regiones I y XII), estimándola a partir de la población servida por diversas empresas sanitarias.

Cuadro 2.3 Estimación de materia orgánica en ríos del país

Región	Población Urbana	Cobertura	Población Servida	DBO5 (ton/año)
Región de Antofagasta				
Río Loa	100.533	67%	67.601	1.332
Región de Atacama				
Río Copiapó	104.912	85%	88.663	1.747
Río Salado	10.086	32%	3.227	63
Río Huasco	46.104	87%	39.877	786
Región de Coquimbo				
Río Elqui	8.046	80%	6.437	127
Río Limarí	61.848	92%	56.911	1.121
Río Choapa	28.302	74%	20.992	414
Región de Valparaíso				
Río La Ligua	27.639	69%	19.116	377
Río Aconcagua	285.897	79%	226.502	4.463
Est.Marga Marga	177.955	83%	147.219	2.900
Est. Casablanca	9.801	71%	6.949	137
Región de O'Higgins				
Río Rapel	407.609	78%	316.164	6.229
Est. Nihue	1.677	48%	800	16
Región del Maule				
Río Mataquito	125.681	88%	110.201	2.171
Río Maule	326.688	89%	289.306	5.698
Río Lanco	2.254	19%	437	9
Región del Biobío				
Río Itata	218.853	78%	171.160	3.372
Río Andalién	3.203	8%	256	5
Río Biobío	558.936	74%	413.249	8.142
Río Lebu	53.083	44%	23.161	456
Río Paicaví	16.714	45%	7.493	148
Región de la Araucanía				
Río Imperial	303.504	79%	240.854	4.744
Río Toltén	56.208	52%	28.964	571
Región de Los Lagos				
Río Calle Calle	153.919	2%	28.938	570
Río Bueno	175.601	85%	149.405	2.943
Río Maullín	27.890	83%	23.126	455
Región de Aysén				
Río Aysén	49.463	71%	35.137	692
Total sin R.M.				
	3.339.815	76%	2.521.688	49.678
Región Metropolitana				
Río Maipo (EMOS)	4.986.782	95%	4.072.341	80.225
E. de Agua Potable	4.986.782	95%	4.734.076	93.261

Fuente: CONAMA, 1994

2.1.2.3 Calidad de las aguas y contaminación en cuencas

Con respecto a la calidad y el deterioro de las aguas, éstas siguen siendo una problemática en la actualidad. Sin embargo, la contaminación de las aguas principalmente se generan a través de las aguas servidas, originadas de los usos domésticos, de los efluentes mineros y los residuos industriales líquidos, de la lixiviación de sales al suelo, y la incorporación de fertilizantes y pesticidas en las aguas superficiales y subterráneas, producto de las prácticas agrícolas. Ahora bien, no cabe duda que las actividades mineras, aparte de ser actividades relevantes para el desarrollo económico y social del país, conllevan con las distintas técnicas de extracción y procesamiento de los minerales, a la generación de grandes cantidades de residuos, cuyo tratamiento y/o disposición no es un problema fácil de resolver.

Entre los años 2002 y 2004, la Dirección General de Aguas realizó el estudio denominado "Diagnóstico y clasificación de cursos y cuerpos de aguas según objetivos de calidad", el cual tuvo por objetivo, proponer una calidad objetiva en 33 cuencas definidas como prioritarias, y establecer un procedimiento para clasificar los cursos de agua del país de acuerdo al mandato presidencial, relacionado con la dictación de normas secundarias de calidad ambiental para aguas continentales superficiales y aguas marinas.

En el mismo contexto, en el cuadro 2.4 se presentan 6 de las 33 cuencas del estudio mencionados anteriormente, que describen a modo de ejemplo las características propias por cada cuenca, mientras que en el cuadro 2.5 se indican los niveles obligatorios en los parámetros para cada cuenca.

Cuadro 2.4 Información de cuencas representativas de las diferentes actividades económicas en el país			
Cuenca	Actividad Económica	Climas presente en la cuenca	Régimen Hidrológico
Río Loa	Minería y agropecuaria	- Desértico Costero Nuboso - Desértico Interior - Desértico Marginal de Altura - Clima de Estepa de Altura.	- Régimen Pluvial de lluvias estivales.
Río Elqui	Agricultura y minería	- Estepárico costero o Nuboso - Estepa Cálido - Templado Frío de Altura.	- Régimen Nival, con los mayores caudales entre noviembre y febrero, producto de los deshielos. El período de estiaje ocurre en los meses de invierno, entre junio y agosto.
Río Maipo	Comercio, servicios financieros e industria manufacturera	- Templado de tipo Mediterráneo con estación seca prolongada y Frío de altura en la Cordillera de los Andes.	- Régimen Nival - Régimen Nivo-Pluvial - Régimen Pluvial
Río Maule	Agropecuaria, industrial y comercio.	- Clima mediterráneo - Régimen Pluvial	
Río Bío-Bío	Industria manufacturera, silvoagropecuario, y transporte y comunicaciones	- Presenta características de transición entre los climas Mediterráneo y Templado Húmedo, predominante de la zona Sur.	- Régimen Pluvio Nival - Régimen Pluvial
Río Aysén	Agropecuario, silvícola, industrial y turístico	- Clima frío oceánico de bajas temperaturas, con abundantes precipitaciones, fuertes vientos y mucha humedad	- Régimen Pluvio-nival

Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada por la Dirección General de Aguas (DGA), 2005

Cuadro 2.5 Clases de calidad de los parámetros obligatorios para el estudio “Diagnóstico y clasificación de cursos y cuerpos de aguas según objetivos de calidad”					
PARÁMETRO	UNIDAD	CLASE DE EXCEPCIÓN	CLASE 1(muy buena calidad)	CLASE 2 (buena calidad)	CLASE 3 (regular calidad)
DBO5	mg/L	< 2	5	10	20
Conductividad Eléctrica	dS/cm	< 600	750	1500	2250
Oxígeno Disuelto	mg/L	> 7,5	7,5	5,5	5
pH	unidad	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
Sólidos suspendidos	mg/L	< 24	30	50	80
Coliformes Fecales (NMP)	gérmenes/100 ml	< 10	1.000	2.000	5.000

Fuente: Cade Idepe, 2005

Una manera de caracterizar la calidad de las aguas en una cuenca, es a través de un indicador capaz de interpretar información de calidad de aguas en forma agregada, tanto temporal como espacial, y el cual debe ser definido de acuerdo a los parámetros o compuestos que puedan ser afectados por las actividades que se desarrollan en distintos tramos de la cuenca.

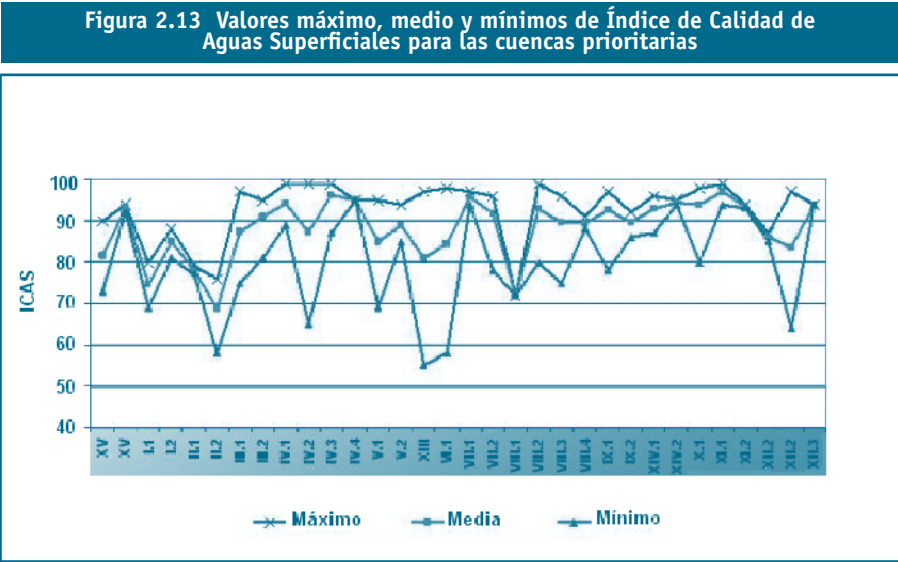
En el estudio “Diagnóstico y clasificación de cursos y cuerpos de aguas según objetivos de calidad”, desarrollado por Cade Idepe (2005), se adaptó un índice de calidad de aguas superficiales (ICAS), basado en el Índice de Calidad de Agua (WQI) de Estados Unidos. Este índice está conformado por 2 partes: la primera incluye parámetros definidos como obligatorios, es decir, el oxígeno disuelto (OD), pH, conductividad eléctrica, coliformes fecales (CF), demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y sólidos suspendidos (SS); mientras que la segunda, está conformada por parámetros que presentan excedencia de la clase de excepción en todas las estaciones de muestreo en una cuenca.

El indicador puede tomar valores entre 25 y 100 como se muestra en el siguiente cuadro 2.6.

Cuadro 2.6 Rangos de Calidad de Aguas Superficiales	
Rango	Calidad
90-100	Excelente- Muy buena
70-90	Buena
50-70	Regular
25-50	Mala

Fuente: Cade Idepe, 2005

Como ya se mencionó, en el estudio se analizaron 33 cuencas prioritarias a lo largo del país, cada una de las cuales está conformada por distintos números de tramos con sus respectivos puntos de control, obteniéndose un valor de ICAS para cada uno de ellos. El siguiente gráfico representa el valor del tramo máximo, mínimo y medio de cada cuenca.



Fuente: Cade Idepe, 2005

En el gráfico anterior se aprecia la existencia de tramos con calidad regular promedio de ICAS< 70, ubicados principalmente desde la Región de O'Higgins hacia el norte, especialmente en Lluta (Región de Arica y Parinacota), Loa (Región de Antofagasta), Elqui (Región de Coquimbo), Aconcagua (Región de Valparaíso), Maipo (Región Metropolitana), Rapel (Región de O'Higgins) y también Serrano en la Región de Magallanes.

Por otra parte, resaltan las siguientes cuencas catalogadas con calidad excelente a muy buena en todos sus tramos controlados: Lauca (región de Arica y Parinacota), Pupío (región de Coquimbo), Mataquito (región del Maule), Maullín (región de Los Lagos), Aysén (región de Aysén), Cisnes (región de Aysén) y Side (región de Magallanes).

2.1.2.4 Calidad del agua y contaminación en los lagos

A partir de diversos estudios, se ha demostrado científicamente que los lagos de las regiones de La Araucanía y de Los Lagos, además de Los Lagos norpatagónicos, han presentado un fuerte y acelerado aumento en los niveles de eutrofización. Algunos cuerpos de agua como los lagos Villarrica, Calafquén, Riñihue y Llanquihue presentan incluso estados mesotróficos.

Los altos niveles de eutrofización de estos lagos, se deberían principalmente a las actividades económicas que se desarrollan en sus aguas y/o riberas, las cuales aportan un alto grado de nutrientes que se transforman en definitiva en los causantes del aumento en los contenidos de materia orgánica. Las consecuencias que estos procesos acarrear van desde una devaluación del valor futuro, la degradación del hábitat con la consecuente pérdida de diversidad biológica, la imposibilidad de seguir siendo usados como fuentes superficiales de agua potable, hasta la pérdida de la belleza escénica y la disminución del turismo (Brown, 1998). Sin embargo, estos

efectos nocivos han ido disminuyendo paulatinamente como consecuencia de la puesta en servicio de las plantas de tratamiento de aguas servidas.

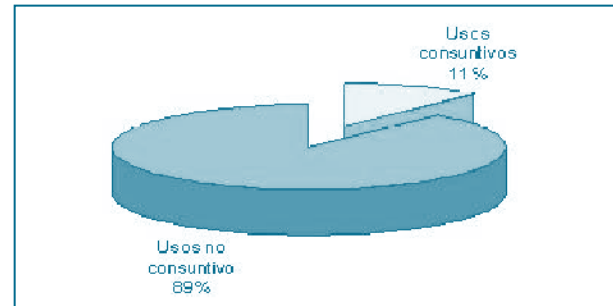
2.2 CAUSAS Y CONDICIONANTES DEL ESTADO DE LAS AGUAS CONTINENTALES

2.2.1 USO DEL AGUA

Para el año 2006, del 89 % del uso no consutivo del agua en el país, el 63,2 por ciento del recurso fue destinado al uso hidroeléctrico. El 11,2 por ciento correspondió a usos consuntivos (riego, agua potable, industria, minería). Luego, para el año 2030 se estima que el 92 por ciento del total de la demanda correspondería para los usos no consuntivos, y el resto para uso consuntivo, lo que significaría que en casi tres décadas existiría una variación de hasta un 50 por ciento según datos proporcionados por la Dirección General de Aguas (2007).

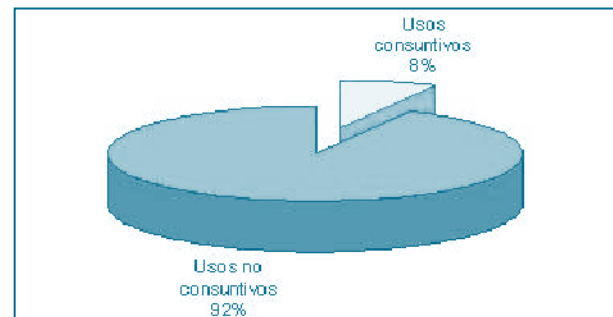
La Figura 2.14 ilustra la relación entre usos consuntivos y no consuntivos para el año 2006, y la Figura 2.15 muestra la proyección estimada para el año 2030.

Figura 2.14 Relación entre usos consuntivos y no consuntivos del agua para el año 2006



Fuente: Dirección General de Aguas (DGA), 2007

Figura 2.15 Proyección de la relación entre usos consuntivos y no consuntivos del agua para el año 2030



Fuente: Dirección General de Aguas (DGA), 2007.

Con respecto a los diversos tipos de aprovechamientos del agua, Chile posee los valores más altos a nivel de América Latina. Según la Dirección General de Aguas, los volúmenes promedio para el año 1992 correspondieron a 15.000 l/hab/día, los cuales se desglosan en 10.200 para uso hidroeléctrico, 4.060 para agricultura, 310 para uso industrial, 220 para uso minero y 210 para uso doméstico.

De acuerdo a las proyecciones realizadas, lo más probable es que estas cifras se hayan incrementado en los últimos 10 años, producto del desarrollo económico del país, aunque no existen cifras oficiales al respecto.

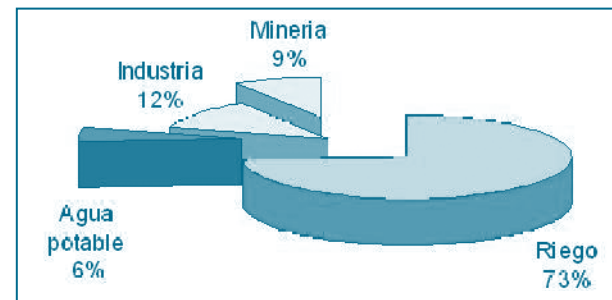
2.2.1.1 Usos consuntivos del agua

Entre los usos consuntivos, el riego presenta el 73,8 por ciento a nivel nacional, con un caudal medio de 526 m³/s, aplicado al riego de unos 2 millones de hectáreas. El uso doméstico equivale al 5,6 por ciento de los

usos consuntivos, con unos 40 m³/s, y es utilizado para dar abastecimiento al 98 por ciento de la población urbana y aproximadamente al 80 por ciento de la población rural concentrada. Los usos mineros e industriales representan el 20,5 por ciento del uso consuntivo total. Para las proyecciones del año 2030, se espera una disminución en un 13 por ciento en los valores de riego, así como, una disminución en las demandas por agua para uso y consumo humano en un 1 por ciento, además del sector industrial en el cual se espera un aumento en un 14 por ciento. Para el caso del sector minero, no se espera ninguna modificación.

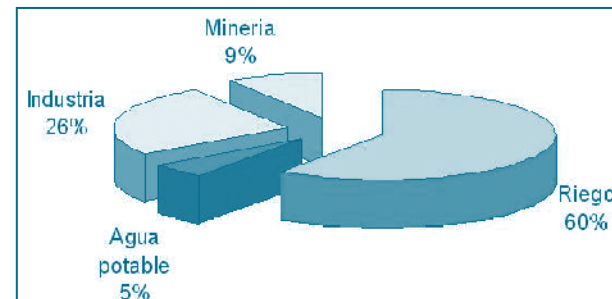
A continuación y a modo de comparación, se presentan los gráficos de la Figura 2.16 que ilustra la distribución de los usos consuntivos del agua para el año 2006, y de la Figura 2.17 que muestra la proyección de los usos consuntivos para el año 2030.

Figura 2.16 Usos consuntivos del agua para el año 2006



Fuente: Dirección General de Aguas (DGA), 2007.

Figura 2.17 Proyección de los usos consuntivos del agua para el año 2030



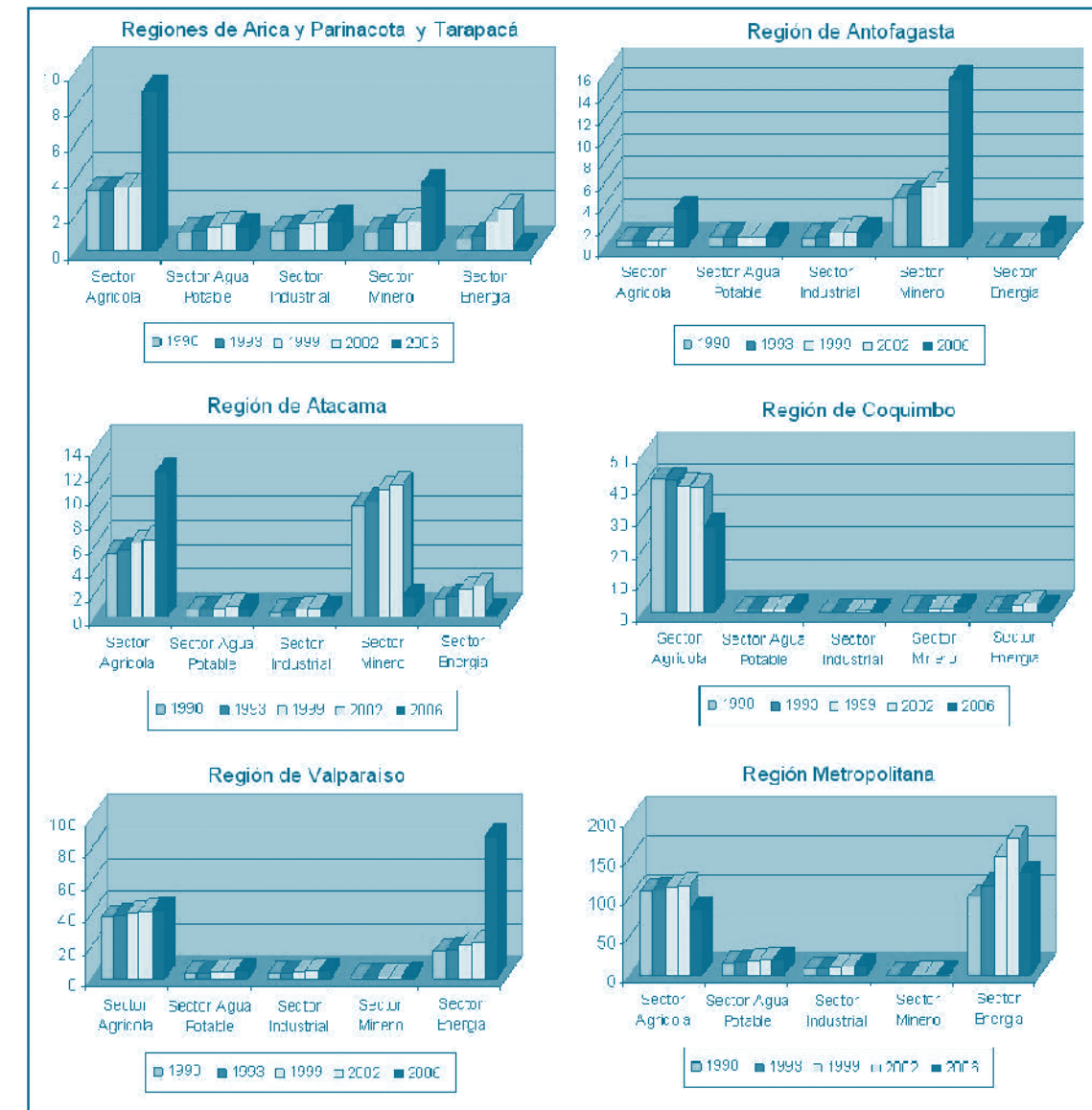
Fuente: Dirección General de Aguas (DGA), 2007.

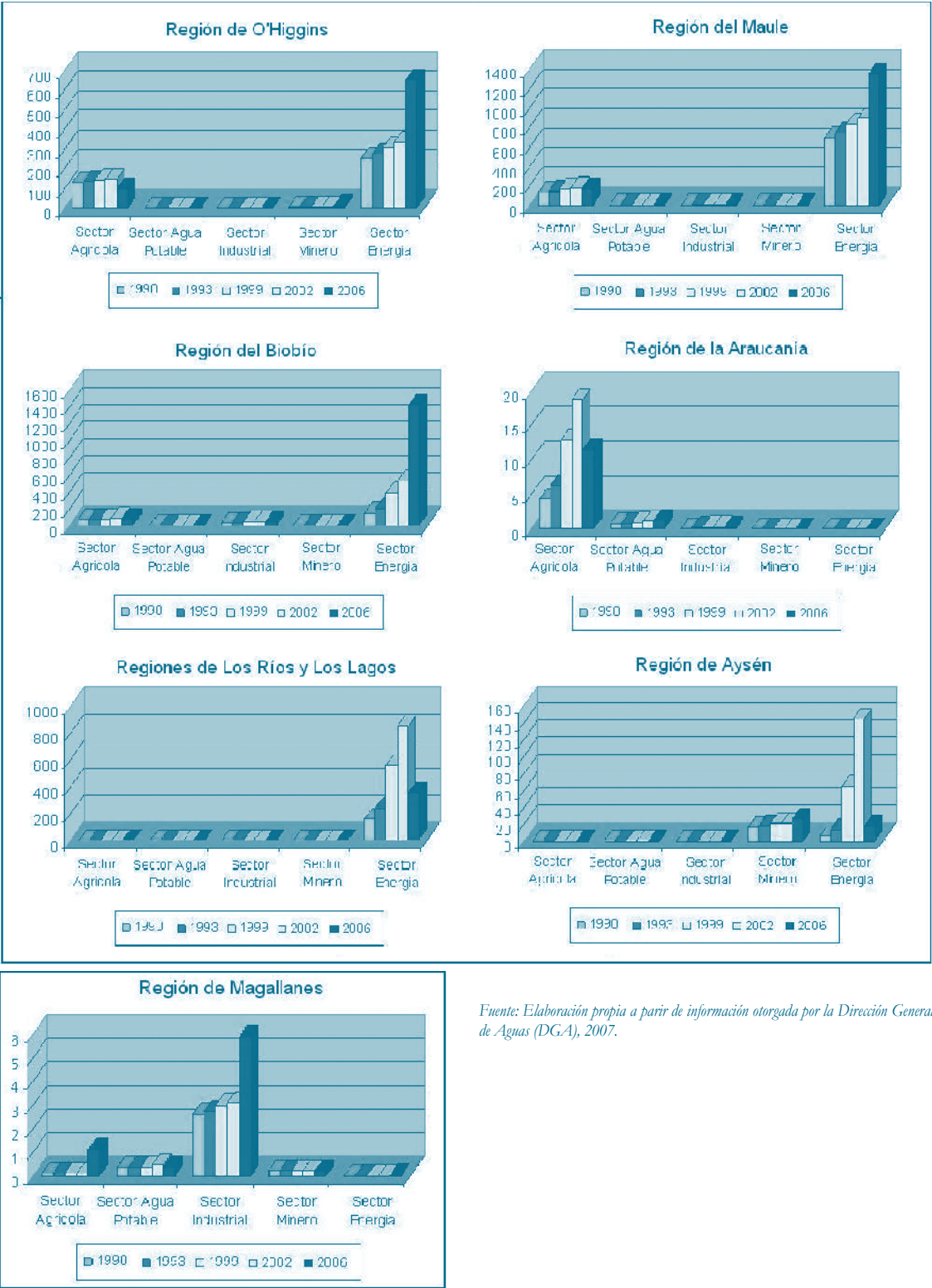
Como producto del incremento de la población, del crecimiento económico y de las nuevas demandas surgidas por la variación de la calidad de vida, en todas las regiones del país se incrementará la demanda de agua para satisfacer los requerimientos de los distintos usos consuntivos, especialmente los correspondientes al sector industrial.

Luego, para diversas regiones se advierte que las demandas superan al caudal disponible, lo cual se explica por el uso reiterado que se hace del

recurso, en especial para las regiones de Antofagasta y Atacama, donde se concentran actividades altamente demandantes de agua, como la minería, sector que incrementó su demanda desde un 15% a 35% en la década de los 90. Asimismo, y para esta zona en épocas de sequía, se da la situación que los caudales que llegan al mar son prácticamente nulos, hecho que se verifica hasta la hoya hidrográfica del Río Rapel. En las gráficas de la Figura 2.18 se presenta la evolución del consumo de agua por sectores productivos entre los años 1990 y 2006, para cada una de las regiones del país.

Figura 2.18 Evolución consumo sectorial de agua por regiones

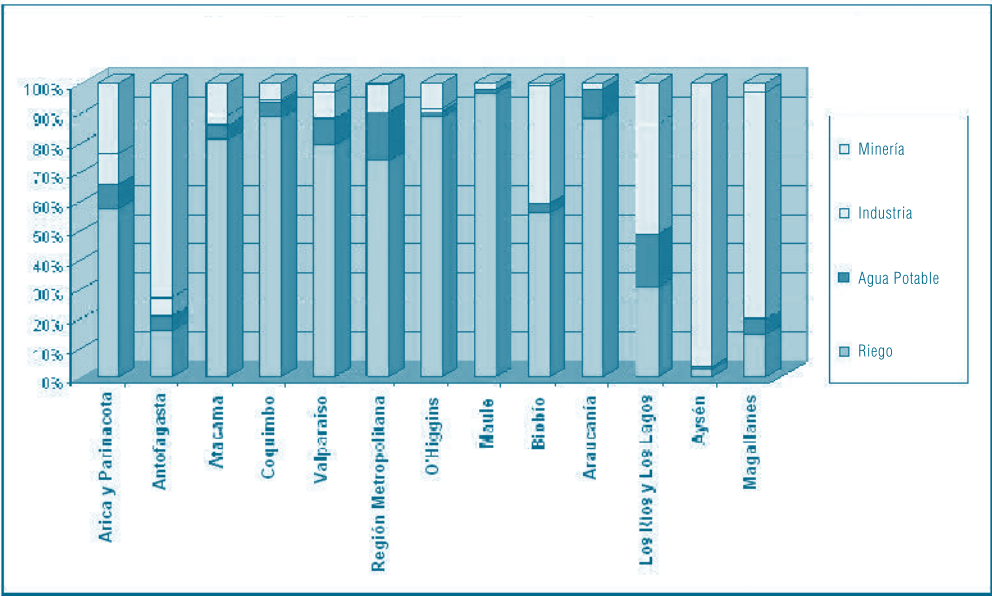




Fuente: Elaboración propia a partir de información otorgada por la Dirección General de Aguas (DGA), 2007.

El uso consuntivo del agua para los distintos sectores productivos es variable; esto depende del tipo de ecosistema, dado que en algunas regiones del país es la minería la demandante casi absoluta de agua, en tanto que en otras, lo es el riego. Esta situación se ve reflejada en la gráfica de la Figura 2.19.

Figura 2.19 Distribución del agua en regiones según usos consuntivos en el año 2006



Fuente: Estimación según información proporcionada por la Dirección General de Aguas (DGA), 2007.

En las zonas extremas, las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Aysén, la minería adquiere especial relevancia como consumidora de agua, mientras que el riego es el destino consuntivo del agua más importante del país, concentrándose su uso entre las regiones de Atacama y la Araucanía.

El consumo de agua en los distintos sectores productivos ha experimentado un importante crecimiento del orden del cien por ciento, entre los años 1990 y 1999, y del orden de un 160 por ciento entre el 1990 y el 2002, y similar cifra si se compara el año 1990 con el 2006, hecho que da a conocer el nivel de presión al que están sometidos los recursos hídricos (Cuadro 2.7).

Es lógico pensar que para las distintas regiones del país y para los diversos usos, las demandas por agua serán mayores debido al continuo desarrollo socioeconómico de Chile, lo que sólo podrá ser compensado por mejoramientos en la gestión y en la eficiencia en el uso del recurso, y por la aplicación de instrumentos destinados a mejorar las asignaciones de éste, entre sus diferentes usos. Junto con ello, la perspectiva ambiental influirá de manera determinante, en el corto plazo, en el modo de gestión de los recursos naturales, y en particular sobre los recursos hídricos, dada la serie de consideraciones ambientales en torno al uso y conservación del agua. Por ello, resulta difícil predecir cuál será la evolución del consumo del agua por sectores, aunque todo indica que éste se incrementará significativamente.

Cuadro 2.7 Crecimiento del consumo por sectores 1990-2006.

SECTOR	Demandas en m³/s			
	1990	1999	2002	2006
AGRICOLAS	515,8	611,4	647	526,732
AGUA POTABLE	27,4	34,1	36,7	40,134
INDUSTRIAL	47,1	68,2	77,2	83,847
MINERÍA	43,2	50,5	53,2	62,776
ENERGÍA	1189	2914	3929	3997,246
TOTAL	1822,5	3678,2	4743,1	4710,735

Fuente: Elaboración propia, a partir de información proporcionada por la Dirección General de Aguas (DGA), 2002 y 2007.

A partir de lo anterior, es interesante realizar un análisis somero acerca del nivel de presión que se ejerce sobre el agua, en los distintos sectores productivos. Así por ejemplo, y según lo planteado por Brown (1997), si se considera una proyección de la población total del país para el año 2010, de 16,7 millones de habitantes, se obtiene una necesidad anual de agua para consumo doméstico, de 1.524 millones de m3, que equivale a un caudal continuo de 48,3 m3/s. Este valor no es significativo, frente a la disponibilidad actual y futura de agua a nivel de país. Sin embargo, en el ámbito local la situación puede tornarse crítica.

Por otra parte, en el cuadro 2.8, se observan los derechos constituidos a nivel nacional para el aprovechamiento de aguas subterráneas para el año 2004, 2005, 2006 y 2007. Asimismo, la Figura 2.20 ilustra la evolución de estos derechos entre los años 1990 y 2008, donde se muestra un aumento significativo, de casi el 150%, en los derechos constituidos entre los úl-

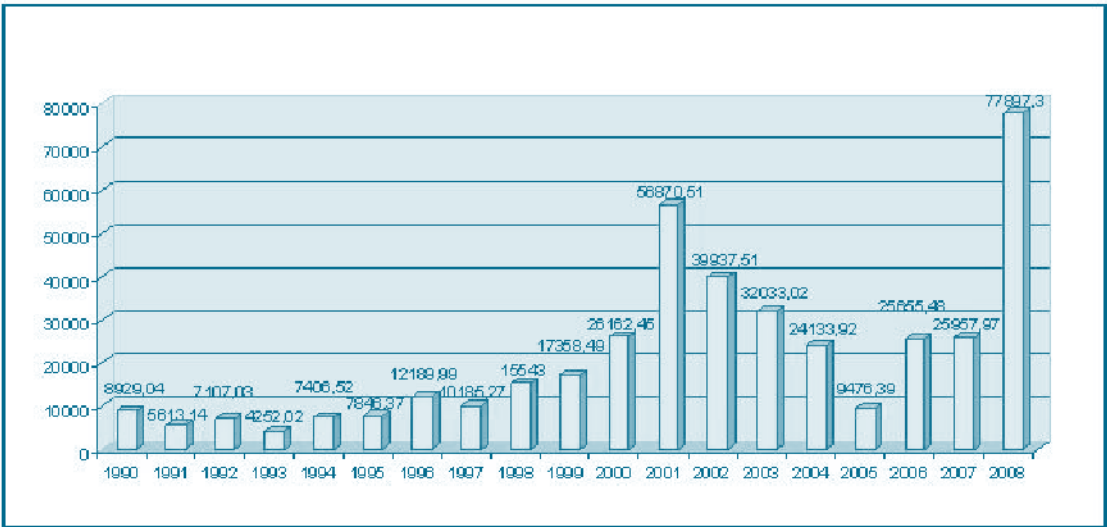
timos años considerados (2007-2008). Cabe destacar además, que entre los años 1999-2004, hubo un aumento en el número de otorgamientos de derechos subterráneos.

Cuadro 2.8 Derechos de aprovechamientos de aguas subterráneas constituidos a nivel nacional para el año 2004, 2005, 2006 y 2007

RegiónDerechos de Aprovechamientos de Aguas Subterráneas (L/s)				
	2004	2005	2006	2007
Arica y Parinacota, Tarapacá	51,84	9,6	1550,36	37,83
Antofagasta	1363,47	671,4	456,70	9,80
Atacama	328,12	221,61	601,50	642,00
Coquimbo	1071,2	1386,93	2372,74	692,49
Valparaíso	2415,86	1741,08	4396,43	6449,84
O'Higgins	6146,16	110,34	4799,27	4653,49
Maule	2312,18	1540,31	2687,62	4847,66
Biobío	5204,85	822,14	1136,10	515,74
Araucanía	608,22	374,14	1080,06	452,30
Los Ríos, Los Lagos	2459,31	1255,6	1829,75	2148,34
Aysén	0	50	78,50	118,30
Magallanes	66,32	15,84	258,36	6,50
Región Metropolitana	2106,39	1277,4	4408,08	5383,69
TOTAL	24133,92	9476,39	25655,48	25957,97

Fuente: Dirección General de Aguas (DGA), 2009.

Figura 2.20 Derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas constituidos desde 1990 al 2008 en L/s.



Fuente: Dirección General de Aguas (DGA), 2009.

Adicionalmente, cabe señalar que en determinadas áreas geográficas del país, la DGA no está otorgando nuevos derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas, incluyendo zonas que van de la región de Tarapacá a la Región Metropolitana. Esto es debido a que han sido declaradas zonas de prohibición, áreas de protección o bien porque la disponibilidad del recurso está copada. En el cuadro 2.9 se detallan las áreas mencionadas con anterioridad.

Cuadro 2.9 Condición para el otorgamiento de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en relación a la disponibilidad

Región	Área geográfica	Condición
I	Acuífero de Azapa	Declaración de zona de prohibición
	Acuífero de la Pampa del Tamarugal	Disponibilidad copada
	Acuífero de Pica	Disponibilidad copada
	Lagunillas	Disponibilidad copada
	Salar de Michinga	Disponibilidad copada
	Salar de Llamara	Disponibilidad copada
	Salar de Coposa	Disponibilidad copada
	Salar Sur Viejo	Disponibilidad copada
II	Acuífero de Sierra Gorda	Declaración área de restricción
	Acuífero de Aguas Blancas	Declaración área de restricción
	Acuífero de Rosario	Declaración área de restricción
	Acuífero de Agua Verde, Taltal	Disponibilidad copada
	Acuífero Salar de Punta Negra	Disponibilidad copada
	Acuífero de Atacama	Disponibilidad copada
	Acuífero San Pedro Inacaliri	Disponibilidad copada
	Acuífero de Calama	Disponibilidad copada
III	Valle de Copiapó	Declaración de área de restricción, parte baja de valle de Copiapó.
IV	Acuífero de Culebrón	Declaración zona de restricción
	Acuífero de Lagunillas	Declaración zona de restricción
	Acuífero Quebrada Peñuelas	Declaración zona de restricción
	Acuíferos Los Choros, Sectores de Tres Cruces, Punta Colorado y Choros Alto.	Declaración zona de restricción
	Quebrada La Lagunilla de nacientes hasta sector de Recoleta.	Disponibilidad copada
	Río Elqui Bajo y Vegas Norte	Disponibilidad copada
V	Cuenca del Valle de Petorca	Declaración área de restricción
	Cuenca del Valle de La Ligua	Declaración área de restricción
	Cuencas de los Valles de Casablanca, Lo Orozco, La Vanilla y Los Perales.	Declaración área de restricción
	Cuencas costeras estero Cachagua, estero Papudo, Maipo Desembocadura, Sector Catapilco, Subsector La Laguna, Sector Horcón, Sector Quinteros, Subsector Dunas de Quinteros, estero Las Salinas Sur, estero Puchuncaví y Rocas Santo Domingo.	Declaración área de restricción
	Lo Ovalle	Declaración área de restricción
	Cuenca estero San Jerónimo	Declaración área de restricción
	Cuenca Estero El Membrillo	Declaración de zona de prohibición
R.M.	Acuífero río Mapocho Alto	Declaración área de restricción
	Acuífero Maipo-Mapocho Sector Chicureo	Declaración área de restricción
	Acuífero Maipo-Mapocho Sector Colina Inf.	Declaración área de restricción
	Acuífero Maipo-Mapocho Sector Las Gualtatas	Declaración área de restricción
	Acuífero Maipo-Mapocho Sector Lo Barnechea	Declaración área de restricción
	Acuífero Maipo-Mapocho Sector Vitacura	Declaración área de restricción

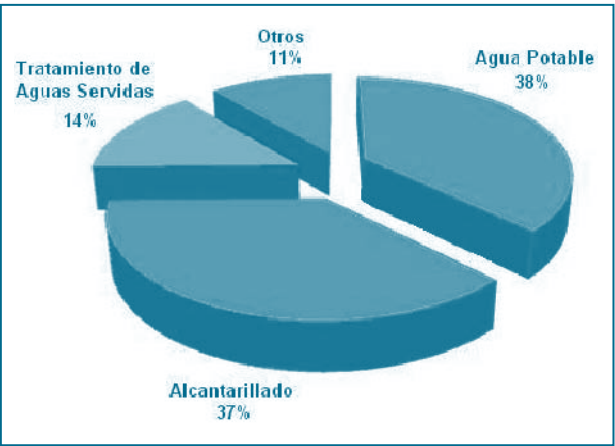
Fuente: Dirección General de Aguas (DGA), 2005.

Cabe señalar que las condiciones mencionadas en el cuadro 5 (declaración de zona de prohibición, disponibilidad copada y área de restricción) se encuentran definidas en el anexo 1.

Para comprender de mejor manera la relación existente entre el agua y sus múltiples usos, la Dirección General de Aguas, a partir de la nueva reforma legal del Código de Aguas, ha implementado una tabla de equivalencias entre caudales y usos, que refleja las prácticas habituales en el país en materia de aprovechamientos de aguas (Ver Anexo 1). Dicha tabla tiene por finalidad limitar el caudal que se concede sobre la base de una solicitud de derecho de aprovechamiento de aguas.

Por otra parte, y con respecto a las inversiones en el sector sanitario, se debe mencionar que las principales empresas sanitarias del país en el año 2008, realizaron una inversión total por sobre un valor de UF 6,2 millones, comprendiendo obras de agua potable, alcantarillado, tratamiento de aguas servidas y otras inversiones. Sin embargo, dicha inversión no supera la realiza en el año 2004, que fue por un total de UF 6.42 millones. Luego, el gráfico de la Figura 2.21 presenta las áreas en que se invirtió durante el año 2008.

Figura 2.21 Inversiones realizadas en el año 2008



Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), 2009.

Asimismo, las proyecciones realizadas con los datos proporcionados por las mismas empresas, para los próximos 10 años, son de UF 31 millones en inversiones, cifra que comprende inversión en obras sanitarias y otras inversiones. Luego, para el año 2009, las inversiones se concentrarán en

el tratamiento de aguas servidas a nivel urbano, esperando una cobertura al 100% de este servicio en los próximos años (SISS, 2009).

El sector industrial ha experimentado en las últimas décadas un fuerte crecimiento en la demanda de agua. Chile, para usos industriales y mineros, utiliza alrededor de 145 m³/s para el año 2006, como caudal promedio anual, lo que implica un caudal de captación del orden de 67 m3/hab/año. Según Brown (1997), y en términos comparativos, Estados Unidos requiere para los mismos usos un caudal de 153 m³/hab/año.

En relación al riego, la habilitación de embalses, canales de regadío y obras que faciliten el riego, ha permitido aumentar las superficies que cuenten con riego permanente y eventual. Así, existen cerca de 2,5 millones de hectáreas económicamente regables hasta la Región de la Araucanía, de las cuales sólo un 48% cuenta con riego permanente y un 24% con riego eventual. Sin embargo, la cantidad de obras existentes no ha sido suficiente para cubrir las demandas del sector agrícola por agua para riego.

El Cuadro 2.10 muestra la capacidad de los principales embalses del país, así como su capacidad en promedio histórico de almacenamiento.

Cuadro 2.10 Principales embalses y capacidad histórica promedio

	Región	Cuenca	Capacidad (mill. m3)	Promedio Histórico (mill. m3)	Julio 2009 (mill. m3)	Julio 2008 (mill. m3)
Conchi	Atofagasta	Loa	22.0	18.4	19.0	18.0
Sta.Juana	Atacama	Huasco	166	126	148	166
Lautaro	Atacama	Copiapó	35.0	13	7,1	10,3
Puclaro	Coquimbo	Elqui	200.0	130	196	200
La Paloma	Coquimbo	Limarí	748	421	390	356
Cogolfí	Coquimbo	Limarí	150.0	81	50	16
Culimo	Coquimbo	Choapa	10.0	4,6	0,1	0
Corrales	Coquimbo	Illapel	50.0	38	49	38
La Laguna	Coquimbo	Elqui	40.0	24	35	32
Recoleta	Coquimbo	Limarí	100.0	67	100	76
Peñuelas	Valparaíso	Peñuelas	95.0	30	9	-
Rapel	O'Higgins	Rapel	695.0	526	413	519
Colbún	Maule	Maule	1544	1218	676	1278
Laguna Maule	Maule	Maule	1,420.0	948	713	839
Bullileo	Maule	Maule	60.0	49	14	55
Digua	Maule	Maule	220.0	162	140	168
Tutuvén	Maule	Maule	15.0	10.0	14	8
Coihueco	Biobío	Itata	29.0	14.0	24	20
Lago Laja	Biobío	Biobío	5582	3294	1805	1956
El Yeso	R.M.	Maipo	256	180	178	164
Rungue	R.M.	Maipo	2.2	1.4	0,4	0,8

Fuente: Dirección General de Aguas (DGA) 2009.

Por otra parte, si se considera la evolución de las inversiones realizadas por el Ministerio de Obras Públicas en los últimos años en materia de riego, es posible advertir que si bien en un momento se habla de que algunas prácticas asociadas al riego, como las obras de riego y drenaje, pueden dar a lugar algunas alteraciones geomorfológicas, y que además estas prácticas fomentan la incorporación de una serie de elementos químicos al ciclo hidrológico, producto de fertilizantes y pesticidas, aumentando las concentraciones de sales en las capas superficiales del suelo, éstas son indispensables para la activación del sector agrícola y de otros sectores de la economía. Asimismo, cuando se analizan dichas inversiones, se observa que para el año 2005 se destinaron alrededor de M\$ 17.813.659, aumentando en un 109 % para el año 2008, con un total de inversión de M\$ 37.391.163. Por su parte, el cuadro 2.11 presenta la evolución que han mantenido en los tres últimos años las inversiones del Ministerio de Obras Públicas en riego.

Cuadro 2.11 Evolución de la inversión del MOPTT en obras de riego, entre los años 2006 y 2008

AÑO	TIPO DE INVERSIÓN	MONTO M\$	T O -
TAL INVERSIÓN M\$			
2006	Ejecución de Obras	14.315.814	17.077.448
	Estudios	2.616.553	
	Expropiaciones	145.080	
2007	Ejecución de Obras	15.851.191	19.504.970
	Estudios	2.948.779	
	Expropiaciones	704.999	
2008	Ejecución de Obras	32.351.848	37.391.163
	Estudios	4.521.473	
	Expropiaciones	517.841	

Fuente: Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), 2009.

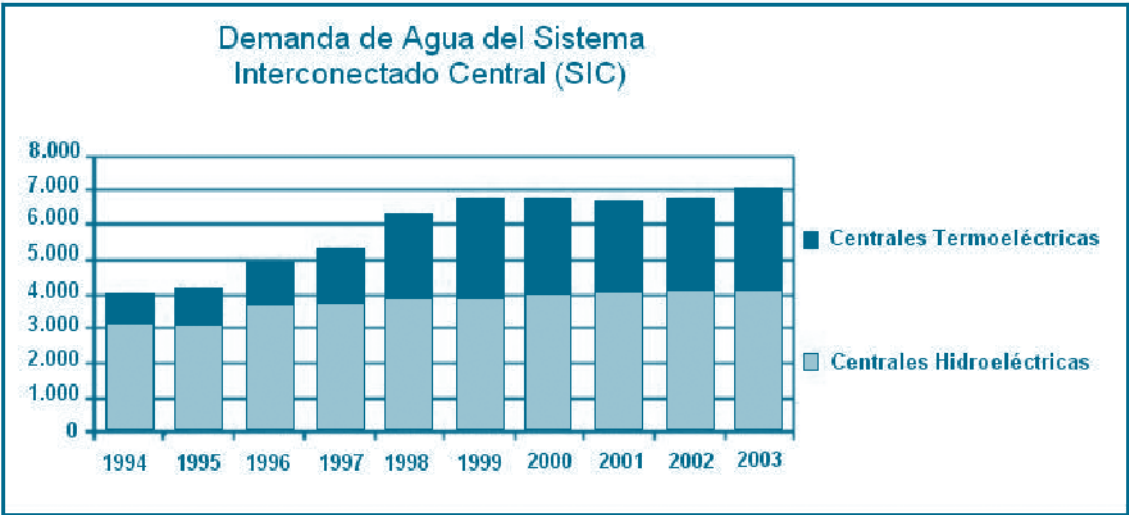
2.2.1.2 Usos no consuntivos del agua

En los usos no consuntivos, la mayor demanda por agua se concentra en los usos hidroeléctricos, es decir, en la generación de electricidad. Es así que Chile en el año 2006, registró una potencia instalada cercana a los 8.500 MW, potencia que corresponde principalmente a centrales hidroeléctricas del sistema interconectado central (SIC) y en donde, el 55,6% de la potencia generada corresponde a centrales hidroeléctrica y el 44,4%, corresponde a centrales termoeléctricas (DGA, 2007).

A continuación, el gráfico de la Figura 2.22 muestra la variación de la capacidad instalada del sistema interconectado central, entre los años 1994 y 2003.

Luego, en el cuadro 2.12 se muestra un listado de las principales centrales hidroeléctricas del país con su gasto anual y potencia instalada.

Figura 2.22 Variación capacidad instalada sistema interconectado central (SIC), entre los años 1994 y 2003



Fuente: Cámara Chileno-Alemana de Comercio e Industria, 2004.

Cuadro 2.12 Principales centrales hidroeléctricas

Nombre Central	Año Puesta en Servicio	Tipo de Central	Gasto central m3/s	Potencia Total MW
Abanico	1948-59	Pasada	106,8	136,00
Aconcagua	1993-94	Pasada	20,2	74,00
Alfalfal	1991	Pasada	30,0	178,00
Antuco	1981	Embalse	190,0	320,00
Canutillar	1990	Embalse	75,5	172,00
Capullo	1995	Pasada	8,0	11,00
Carena	1943	Pasada	---	8,50
Cipreses	1955	Embalse	36,4	106,00
Colbún	1985	Embalse	280,0	478,00
Coya(Unidad 5)	2008	Pasada	---	10,80
Curillinque	1993	Pasada	84,0	89,00
Chacabucuito	2002	Pasada	21,0	25,50
Chiburgo	2007	Pasada	20,0	19,40
El Toro	1973	Embalse	97,3	450,00
Florida	1909-2003	Pasada	30,0	28,50
Hornitos	2008	Pasada	---	55,00
Isla	1963-1964	Pasada	84,0	68,00
Lircay	2008	Pasada	---	19,04
Loma Alta	1997	Pasada	84,0	40,00
Los Molles	1952	Pasada	1,9	18,00
Los Quilos	1943-1989	Pasada	22,0	39,30
Machicura	1985	Embalse	280,0	95,00
Maitenes	1923-1989	Pasada	11,3	30,80
Mampil	2000	Pasada	46,0	45,00
Ojos de Agua	2008	Pasada	---	9,00
Palmucho	2007	Pasada	20,0	32,00
Pangue	1996	Embalse	500,0	467,00
Pehuenche	1991	Embalse	300,0	570,00
Peuchén	2000	Pasada	36,0	79,00
Pilmaiquén	1944-1959	Pasada	150,0	39,00
Pullinque	1962	Pasada	120,0	51,40
Puntilla	1997	Pasada	20,0	22,00
Queltehues	1928	Pasada	28,1	49,00
Quilleco	2007	Pasada	65,0	70,80
Ralco	2004	Embalse	368,0	690,00
Rapel	1968	Embalse	535,1	377,00
Rucúe	1998	Pasada	65,0	178,40
San Ignacio	1996	Pasada	194,0	37,00
Sauzal	1948	Pasada	73,5	76,80
Sauzalito	1959	Pasada	45,0	12,00
Volcán	1944	Pasada	9,1	13,00

Fuente: Superintendencia de Electricidad y Combustible (SEC), 2009

En los últimos años ha existido una tendencia a buscar alternativas para el abastecimiento y producción de energía, debido a que hace algún tiempo las sequías generaron preocupación en el parque generador energético, cuya capacidad se vio copada y exigida al máximo debido a la escasez de agua para alimentar al sistema interconectado central. A raíz de la ocurrencia de fenómenos de sequía, surge la necesidad de buscar alternativas para la generación energética y es por ello que en los últimos años se han desa-

rollado proyectos con la finalidad de establecer centrales termoeléctricas, así como también, la implementación de centrales eólicas. Sin embargo, la impresión de que esto no será suficiente para resolver las demandas energéticas del país, ha fortalecido la idea de construir megacentrales hidroeléctricas, especialmente en la Región de Aisén, irguiéndose para algunos como la única opción energética para el país, hecho que es discutido por varios grupos políticos y ambientalistas.

2.2.2 DESCARGAS DE EFLUENTES A RÍOS Y MAR

Uno de los grandes riesgos para la salud de los habitantes de Chile lo constituyen las descargas de desechos y residuos industriales, más aun cuando muchos de ellos presentan un alto grado de toxicidad, ya que muchos contienen compuestos químicos orgánicos e inorgánicos que pueden afectar a los ecosistemas y afectar directa o indirectamente al ser humano.

A fines del siglo pasado, los lagos, ríos y borde costero se encontraban fuertemente contaminados por descargas de residuos industriales líquidos; ello, debido principalmente a que lamentablemente no existían normas ambientales obligatorias ni mecanismos de fiscalización que regularan la calidad de estos efluentes. La entrada en vigencia de la Ley Nº 19.300, marcó la pauta para que se creara un conjunto de normas que regularan de mejor forma las emisiones y la calidad de cada uno de los cuerpos de agua del país.

Actualmente, la institución encargada de controlar los residuos industriales líquidos es la Superintendencia de Servicios Sanitarios, la cual mediante la aplicación de la ley Nº 18.902 fiscaliza la correcta aplicación por parte del sector industrial nacional de los decretos supremos (D.S.) SEGPRES Nº 90/00 y SEGPRES Nº 46/02. Sin embargo, para una adecuada aplicación de dichos decretos, la superintendencia dicta programas de monitoreo para que cada fuente emisora se vea en la necesidad de autocontrolar sus efluentes y remitir dicha información.

El D.S. SEGPRES Nº90/00, entrega tanto a la SISS como a la DIRECTEMAR (Dirección General de Territorio Marítimo y de Marina Mercante) amplias atribuciones y facultades que les permiten actuar en el control y fiscalización de los vertidos de aguas residuales en aguas marinas, lo cual expone a que se genere duplicidad de acciones, con la consiguiente ineficiencia en el uso de recursos, aparte de provocar para el fiscalizado poca transparencia y claridad acerca del rol fiscalizador de las instituciones públicas (SISS, 2009).

Por su parte, las descargas de residuos industriales líquidos en redes de alcantarillado están reguladas por el D.S. MOP Nº609/98. De igual forma, esta normativa delega a las propias concesionarias de servicios sanitarios, la responsabilidad de fiscalizar el cumplimiento de dicha norma; no obstante, la Superintendencia mantiene una supervigilancia, tanto de esta acción de fiscalización, como del cumplimiento de la normativa.

Durante el año 2005, un total de 325 industrias dieron cumplimiento de informar a la Superintendencia de Servicios Sanitarios los resultados de caracterización de Riles, mientras que 387 industrias catastradas a nivel nacional no contaban con ningún tipo de autorización de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, mientras que al año 2008 un total de 642

establecimientos industriales cuentan con una Resolución de Monitoreo vigente, emitida por la SISS, los que abarcan un total de 754 puntos de control, distribuidos en el 89,8% que descarga a aguas superficiales y al 10,2% que infiltra.

Según información de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, al año 2008 existen un total de 616 puntos de descarga (81,7% del total) que cumplen cabalmente con la normativa vigente, es decir que no exceden el límite de parámetros e informan debidamente la condición de no descarga, solicitada por la SISS en la Resolución de Monitoreo. El año 2008, en promedio, un 87,4% de los establecimientos industriales que descargan a cursos de aguas superficiales continentales, sometidos al régimen de autocontrol, dio pleno cumplimiento a la normativa vigente.

Asimismo, un 64,2% de los establecimientos industriales que informan la calidad de sus descargas a cuerpos de aguas subterráneos, sometidos al régimen de autocontrol establecido por la Superintendencia, da pleno cumplimiento a la normativa vigente. Durante ese año se registraron 72 denuncias relacionadas directa o indirectamente con Riles, siendo el motivo más recurrente el vertido de residuos líquidos contaminantes a cursos superficiales o subterráneos con un 90,3%, y un 6,9% corresponde a problemas de malos olores de establecimientos Industriales que afectan a la comunidad. La mayor concentración de denuncias se presenta en las regiones del Maule y Metropolitana.

Con respecto a los parámetros requeridos, los que presentan mayor frecuencia de incumplimiento para el DS.90/00 son el DBO5, Sólidos Suspendedos Totales y pH. Para el DS.46/02, los parámetros que recaen con mayor frecuencia en exceso del límite normativo son Aceites y Grasas, Nitrógeno Total Kjeldahl y Cloruros.

En cuanto a los lugares de descarga, existe un alto número de industrias autorizadas por la SISS que descargan sus riles a cursos de agua superficiales; éstos corresponden principalmente a ríos, canales, mar, esteros y quebradas. En el cuadro 2.13 se entrega un detalle del número de dichas industrias por región.

Cuadro 2.13 Número de industrias Autorizadas por la SISS que descargan a cursos superficiales	
Región	
Tarapacá	0
Antofagasta	0
Atacama	10
Coquimbo	18
Valparaíso	50
O'Higgins	71
Maule	80
Biobío	60
Araucanía	51
Los Lagos	134
Aysén	26
Magallanes	9
De los Ríos	38
Arica y Parinacota	2
Metropolitana	84
TOTAL	633

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por la SISS (2009)

Por otra parte, un alto número de industrias están autorizadas para descargar sus riles a los sistemas de alcantarillado y un número menor utiliza sistemas de infiltración o que son destinados a riego. En el cuadro 2.14 se muestra el detalle de industrias por región que descargan sus riles a sistemas de alcantarillado.

Cuadro 2.14 Detalle de industrias autorizadas por la SISS, para descargar sus Riles a los sistemas de alcantarillado	
REGION	
Tarapacá	54
Antofagasta	159
Atacama	22
Coquimbo	117
Valparaíso	179
O'Higgins	115
Maule	97
Biobío	270
Araucanía	89
Los Lagos	88
Aysén	2
Magallanes	13
De los Ríos	13
Arica y Parinacota	26
Metropolitana	1297
TOTAL	2541

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por la SISS (2009)

2.3. FACTORES E INICIATIVAS QUE INCIDEN EN LA GESTIÓN AMBIENTAL DE LAS AGUAS CONTINENTALES

2.3.1 SISTEMA DE DATOS DEL CICLO HIDROLÓGICO

Como se ha mencionado anteriormente en las otras versiones del Informe País, en su mayoría la información meteorológica e hidrológica del país, es proporcionada por dos instituciones; la Dirección General de Aguas (DGA), organismo dependiente del Ministerio de Obras Públicas y cuya función es evaluar cuantitativa y cualitativamente el recurso hídrico, y por otra parte, la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), organismo dependiente del Ministerio de Defensa. Asimismo, no hay que dejar de mencionar que existen otras instituciones del Estado que recogen información hidrológica, como es el caso del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA); y los organismos dependientes del Ministerio de Agricultura, como el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria (INIA). Sin embargo, esta información no es tan representativa como la que dispone la DGA, que es la institución que posee la red más completa a nivel país.

En los últimos años, la Dirección General de Aguas presenta importantes mejoras en la calidad y cantidad de estaciones a su cargo. Así, se puede mencionar que junto a la especialización del personal operativo, un gran número de estas estaciones, cuenta con sistemas de automatización y transmisión satelital. De esta forma, la evolución en las estaciones que presenta la DGA, se traducen en un alto nivel de captura y recepción de la información meteorológica e hidrológica a nivel país. Luego, en el cuadro 2.15 y la figura 2.23 se muestra la evolución histórica del tipo y número de estaciones con que cuenta la DGA en los últimos años.

Cuadro 2.15 Evolución del número de estaciones DGA

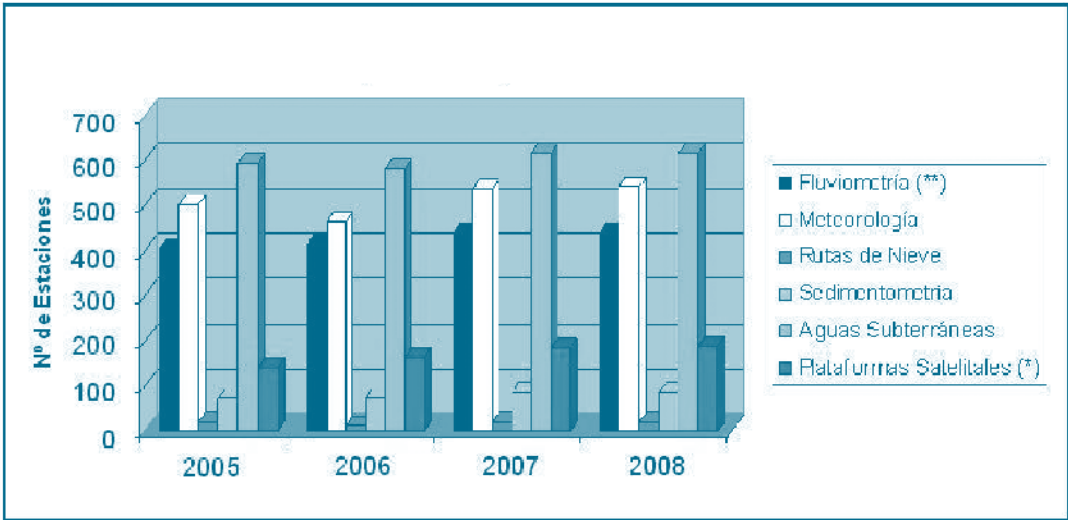
Año	Fluviometría (**)	Meteorología	Rutas de Nieve	Sedimentometría	Aguas Subterráneas	Plataformas Satelitales (*)
2005	403	502	21	70	592	141
2006	414	464	13	70	581	162
2007	439	539	22	84	614	183
2008	439	543	21	84	614	188

(*) Cada estación satelital puede medir diferentes parámetros, por lo que está agregada en las redes que corresponda.

(**) No se incluyen puntos con mediciones esporádicas.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos DGA, 2009.

Figura 2.23 Evolución de estaciones últimos años



Fuente: Elaboración propia a partir de datos DGA, 2009.

Por su parte, la evolución de la calidad y la cantidad de estaciones por región es importante al momento de describir la representatividad de estas estaciones a nivel nacional; es por ello que en el cuadro 2.16 se presenta la

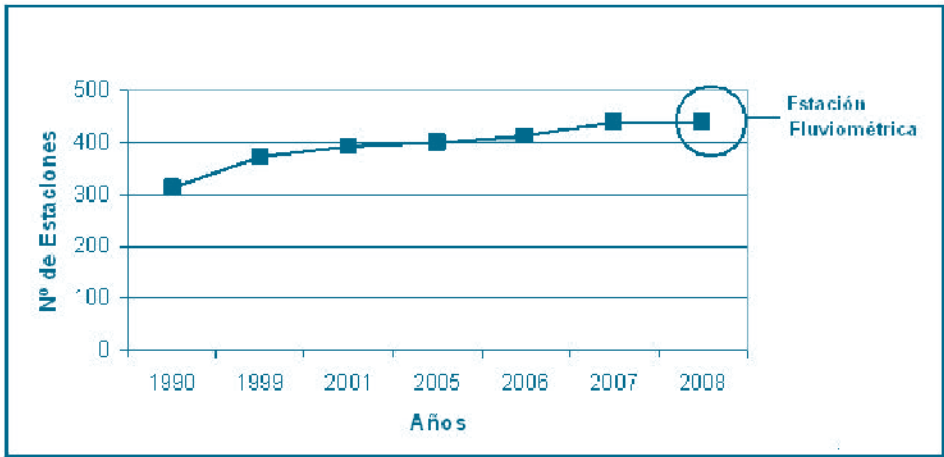
distribución actual de las estaciones tipo, a cargo de la D.G.A. Asimismo, en la figura 2.24 se muestra a modo de ejemplo una gráfica de la evolución en el número de estaciones fluviométricas hasta el año 2008.

Cuadro 2.16 Número de estaciones a cargo de la DGA al año 2008

Región	Fluviometría (**)	Meteorología	Rutas de Nieve	Sedimentometría	Aguas Subterráneas	Plataformas Satelitales (*)
Arica y Parinacota	20	25	0	1	32	7
Tarapacá	12	21	0	2	49	2
Antofagasta	31	36	0	3	48	25
Atacama	26	26	1	5	62	4
Coquimbo	44	51	5	10	116	8
Valparaíso	19	50	2	7	120	8
Región Metropolitana	18	35	4	8	108	8
O'Higgins	16	26	2	2	79	20
Maule	56	53	2	8	0	37
Biobío	47	52	4	11	0	27
Araucanía	35	49	0	10	0	4
Los Ríos	16	16	0	1	0	3
Los Lagos	28	23	0	1	0	3
Aysén	32	34	0	7	0	12
Magallanes	39	46	1	8	0	20
Total	439	543	21	84	614	188

Fuente: Dirección General de Aguas (DGA, 2009)

Figura 2.24 Evolución del número de estaciones fluviométricas (Años 1990 – 2008)



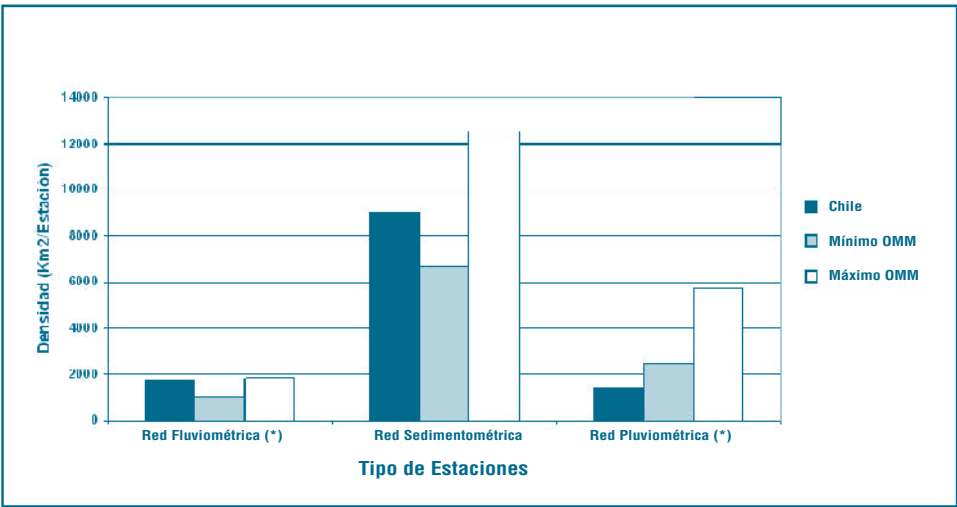
Fuente: Elaboración propia a partir de datos DGA 2009

En el cuadro 2.17 se presenta la densidad de los tipos de estaciones con que cuenta la DGA para el año 2008, que se enmarca en los estándares que entrega la Organización Mundial de Meteorología (OMM). Asimismo, en la figura 2.25 se presenta la grafica de dichas densidades, que se comparan con las establecidas por la OMM.

Cuadro 2.17 Densidad de las redes de monitoreo DGA			
Tipo de Red	Densidad en Chile (Km2/estación)	Densidad propuesta por OMM (Km2/estación)	
		Mínimo	Máximo
Red Fluviométrica (*)	1.724	1.000	1.875
Red Sedimentométrica	9.007	6.700	12.500
Red Pluviométrica (**)	1.393	2.500	5.750

* incluye puntos de control esporádicos
** incluye estaciones de otras instituciones
Fuente: Dirección General de Aguas (DGA, 2009)

Figura 2.25 Densidad de las redes de monitoreo DGA



Fuente: Elaboración propia a partir de datos DGA 2009

Por otra parte, la DGA desde la década de los 60´, cuenta con una red mínima de control de Lagos y Embalses, que hasta el año 2007 consistía en 51 estaciones de monitoreo a lo largo del país, abarcando 16 cuerpos lénticos (lagos) distribuidos en las regiones de Coquimbo, O'Higgins, Biobío, Araucanía, Los Lagos y Metropolitana. A su vez, en el cuadro 2.18 se presenta la nómina de las estaciones que conforman esta red y en donde se determinan principalmente parámetros de calidad in situ (tº, pH, Conductividad Específica, Transparencia (Disco Secchi) y Oxígeno Disuelto).

Cuadro 2.18 Cuerpos de agua bajo la red nacional mínima de control de lagos

Región	Lago o Embalse	Nº de Estaciones
IV	Embalse la Paloma	3 estaciones
R.M.	Laguna Aculeo	3 estaciones
VI	Embalse Rapel	3 estaciones
VIII	Laguna San Pedro	3 estaciones
	Lago Lanalhue	4 estaciones
	Lago de Laja	4 estaciones
IX	Lago Calafquén	3 estaciones
	Lago Caburga	3 estaciones
	Lago Panguipulli	3 estaciones
	Lago Villarrica	4 estaciones
X	Lago Riñihue	3 estaciones
	Lago Ranco	3 estaciones
	Lago Llanquihue	4 estaciones
	Lago Maihue	2 estaciones
	Lago Todos Los Santos	3 estaciones
Total	15	48

Fuente: Elaboración propia a partir de datos DGA 2007

Como ya se ha mencionado anteriormente, para cada uno de los cuerpos de agua descritos en el cuadro 2.18, se realizan mediciones de distintos parámetros. Así, algunos de ellos son medidos directamente en terreno; otros son medidos en el laboratorio ambiental de la DGA y el resto en laboratorios pertenecientes a universidades, dada su mayor complejidad. Es así como en el cuadro 2.19 se presentan los parámetros analizados por el Laboratorio Ambiental de la DGA, para las estaciones de monitoreo.

Cuadro 2.19 Parámetros analizados en el laboratorio ambiental de la DGA

Clasificación	Elemento	Puntos de Medición o Análisis		
		"in situ", con sondas	Aguas Superficiales y Subterráneas	Lagos y Embalses
Metales	Aluminio		X	
	Arsénico		X	
	Boro		X	
	Cadmio		X	
	Mercurio		X	
	Molibdeno		X	
	Manganeso		X	
	Plata		X	
	Cobalto		X	
	Níquel		X	
	Cobre		X	
	Cromo		X	
	Hierro		X	
	Plomo		X	
Nutrientes	Selenio		X	
	Zinc		X	
	N-Total			X
	N-Amoniaco			X
	N-Nitratos	X		X
	N-Nitritos			X
	P-Fosfatos	X		X
Macroelementos	P-Total			X
	Bicarbonatos		X	
	Calcio		X	
	Carbonatos		X	
	Cloruros		X	
	Magnesio		X	
	Potasio		X	
	Sulfatos		X	
Otros	Cianuro		X	
	Clorofia A			X
	pH	X	X	X
	Conductividad	X	X	X
	DQO		X	
	Temperatura	X	X	X
	Transparencia	X		X
	Turbiedad	X		X
	Oxígeno Disuelto	X	X	X
	Sílice			X
Total Parámetros	39	6	30	14

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por la DGA (2007)

Una de las funciones relevante que presenta la DGA, a través de su Departamento de Hidrología, es el control y monitoreo permanente de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas del país. Es así como cuenta con una importante red de estaciones de monitoreo en cuencas representativas a nivel país. Esta red presenta gran número de estaciones con transmisión satelital, para la captura y el envío eficiente de la información generada continuamente, y como lo muestra el cuadro 2.20.

Cuadro 2.20 Estaciones de monitoreo continuo de la calidad del agua superficial DGA

Región	Nombre Estación	Transmisión
Arica	Río Lluta en Alcérreca (esta es Arica Parinacota)	Satelital
Antofagasta	Río Salado en Sifoón Ayquina	Satelital
Copiapó	Río Copiapó en Patillo	Satelital
Coquimbo	Río Toro ante junta Río La Laguna	Data Logger
Coquimbo	Estero Pupio en El Romero	Data Logger
Coquimbo	Río Cuncumén antes de Choapa	Satelital
Valparaíso	Río Aconcagua en Chacabuquito	Satelital
Valparaíso	R. Blanco en Btma. C. Aconcagua	Satelital
Metropolitana	Río Maipo en El Manzano	Satelital
Metropolitana	Río Mapocho en Los Almendros	Satelital
Maule	Río Maule en Longitudinal	Satelital
Maule	Río Maule en El Forel	Satelital
Maule	Río Achibueno en La Recova	Satelital
Maule	Río Claro en Rauquén	
Maule	Río Loncomilla en Las Brisas	
Maule	Río Teno en Infernillo	Satelital
Maule	Río Mataquito en Licantén	Data Logger
Maule	Río Mataquito en después de Licantén	Satelital
Maule	Río Cauquenes en Desembocadura	Data Logger
Los Lagos	Río Cruces antes bocatoma Celco	Satelital
Los Lagos	Río Cruces en Rucaco	Satelital
Los Lagos	Río cruces en Loncoche	Data Logger
Los Lagos	Río cruces en Cahuincura	Data Logger
Aysén	Río Simpson	Satelital

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por la DGA (2007)

Dentro de los objetivos que se planteó la DGA en las últimas décadas, estuvo la implementación de nuevas y mejores estaciones que conformaran la red hidrométrica más importante a nivel nacional. Por ello, la institución ha insistido en modernizar las actuales y futuras estaciones, con el fin de mejorar la calidad y continuidad de la información y estadísticas generadas. De ahí, la importancia en el número de estaciones con transmisión satelital, ya que éstas además de optimizar y generar al instante la información, permiten controlar y monitorear el estado de las estaciones a distancia, lo que ha sido de gran ayuda para una gestión más eficiente en la captura de información. Así, al año 2008, la DGA contaba con 312 estaciones de transmisión satelital como se observa en el siguiente cuadro.

Cuadro 2.21 Cantidad de estaciones con transmisión satelital para el año 2008

NUMERO DE ESTACIONES CON TRANSMISIÓN SATELITAL	CANTIDAD
Altura de agua y Caudal	153
Nivel Embalsado y Volumen Embalsado	11
Precipitación	80
Temperatura del aire	38
Humedad	13
Radiación Solar	5
Velocidad del Viento	3
Nieve	9
Total	312

Fuente: Dirección General de Aguas (DGA, 2009)

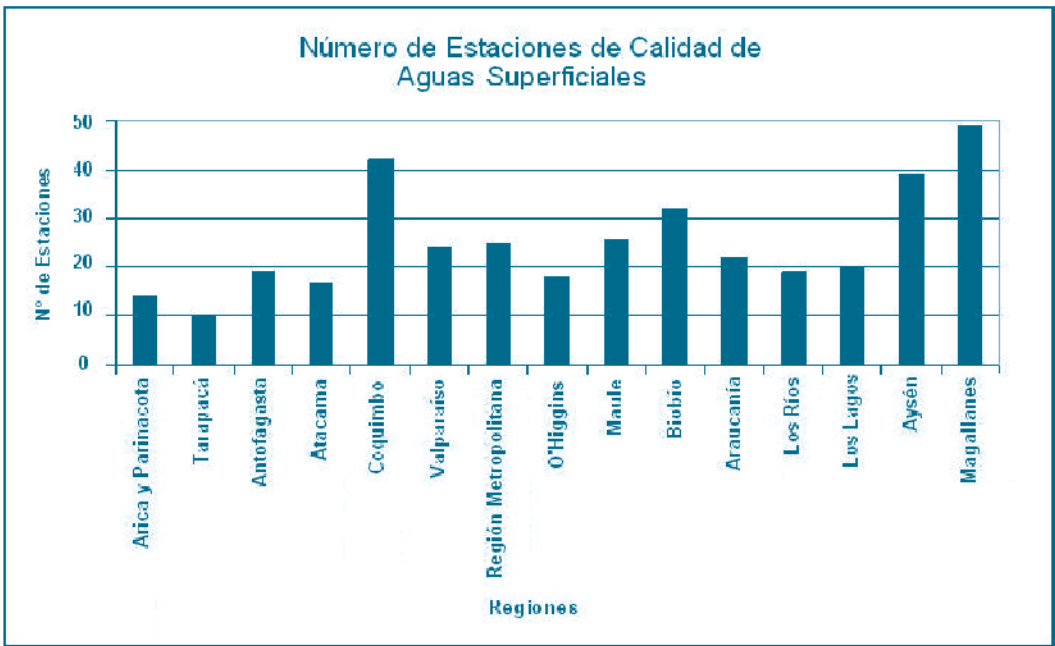
Para las estaciones de calidad de aguas superficiales, la Dirección General de Aguas contaba al año 2008 con 376 estaciones, en las cuales se realizan en promedio 3 muestreos anuales. En el cuadro 2.22 y en la figura 2.26 se entrega la distribución de dichas estaciones por región.

Cuadro 2.22 Distribución geográfica de las estaciones de calidad de aguas superficiales para el año 2008

Región	N° de Estaciones	Frecuencia de Muestreo
Arica y Parinacota	14	3 veces Mar-Abr / Jul-Ago / Nov-Dic
Tarapacá	10	3 veces Mar-Abr / Jul-Ago / Nov-Dic
Antofagasta	19	3 veces Feb-Mar / Jun-Jul / Oct-Nov
Atacama	17	3 veces Feb-Mar / Jun-Jul / Oct-Dic
Coquimbo - Elqui	18	6 veces Feb / Abr / Jun / Ago / Oct / Dic
Coquimbo - Limarí	13	4 veces Feb / Jun / Oct / Dic
Coquimbo - Choapa	11	4 veces Feb / Jun / Oct / Dic
Valparaíso	24	3 veces Feb-Mar / Jun-Jul / Oct-Nov
R.M.	25	4 veces Ene-Feb /Abr-May /Jul-Ago /Oct-Nov
Libertador		
G. B. O'Higgins	18	3 veces Feb-Mar / Jun-Jul / Oct-Nov
Maule	26	3 veces Mar-Abr / Jul-Ago / Nov-Dic
Bío Bío	32	3 veces Mar-Abr / Jul-Ago / Nov-Dic
Araucanía	22	3 veces Mar-Abr / Jul-Ago / Nov-Dic
De los Ríos	19	3 veces Mar-Abr / Jul-Ago / Nov/Dic
Los Lagos	20	3 veces Mar-Abr / Jul-Ago / Nov/Dic
Aysén del General		
Carlos Ibáñez del Campo	39	4 veces Feb-Mar/ Jun-Jul/ Sep/ Nov-Dic
Magallanes y la Antártica	49	3 veces Feb-Mar / Jun-Jul / Sep-Oct
Número Total de Estaciones	376	

Fuente: Dirección General de Aguas (DGA, 2009)

Figura 2.26 Distribución de estaciones de calidad de aguas superficiales para el año 2008



Fuente: Elaboración propia a partir de datos Dirección General de Aguas (DGA, 2009)

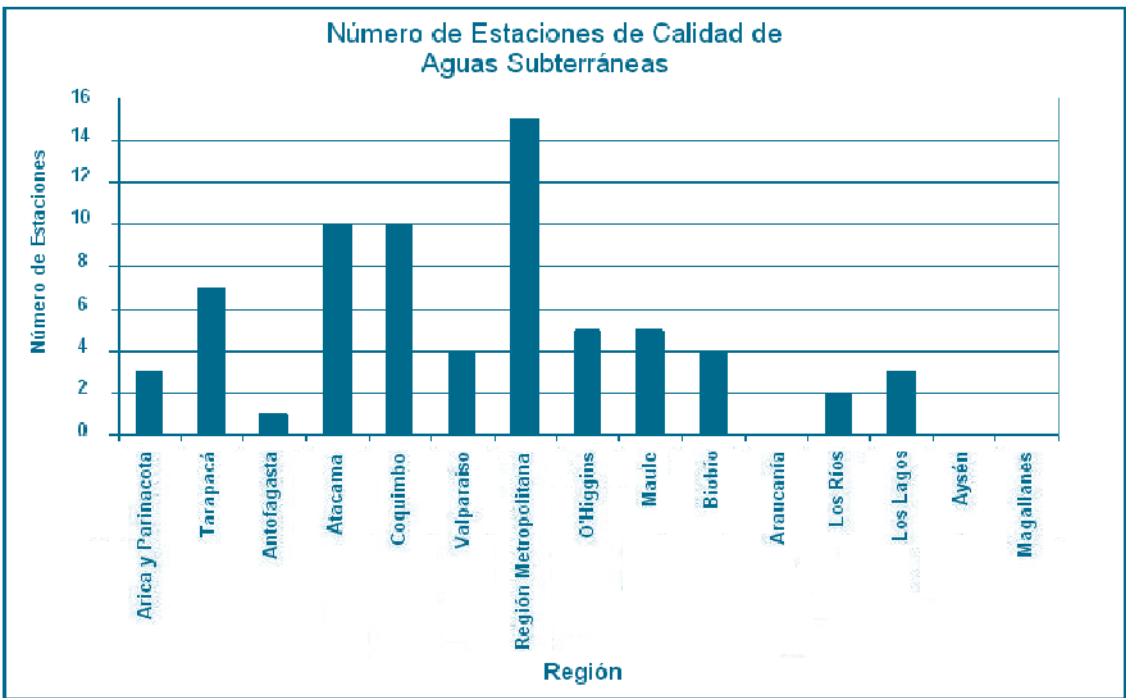
Para las estaciones de calidad de aguas subterráneas, la DGA contaba al año 2008, con un total de 69 estaciones de este tipo, las cuales se presentan a nivel regional en el cuadro 2.23 y en la figura 2.27.

Cuadro 2.23 Distribución geográfica de estaciones de calidad de aguas subterráneas para el año 2008

Región	N° de Estaciones	Frecuencia de Muestreo
Arica y Parinacota	3	3 veces Mar-Abr / Jul-Ago / Nov-Dic
Tarapacá	7	3 veces Mar-Abr / Jul-Ago / Nov-Dic
Antofagasta	1	3 veces Feb-Mar / Jun-Jul / Oct-Nov
Atacama	10	3 veces Feb-Mar / Jun-Jul / Oct-Dic
Coquimbo - Elqui	5	6 veces Feb / Abr / Jun / Ago / Oct / Dic
Coquimbo - Limarí	2	4 veces Feb / Jun / Oct / Dic
Coquimbo - Choapa	3	4 veces Feb / Jun / Oct / Dic
Valparaíso	4	3 veces Feb-Mar / Jun-Jul / Oct-Nov
R.M.	15	4 veces Ene-Feb /Abr-May /Jul-Ago /Oct-Nov
Libertador		
G. B. O'Higgins	5	3 veces Feb-Mar / Jun-Jul / Oct-Nov
Maule	5	3 veces Mar-Abr / Jul-Ago / Nov-Dic
Bío Bío	4	3 veces Mar-Abr / Jul-Ago / Nov-Dic
Araucanía	0	3 veces Mar-Abr / Jul-Ago / Nov-Dic
De los Ríos	2	3 veces Mar-Abr / Jul-Ago / Nov/Dic
Los Lagos	3	3 veces Mar-Abr / Jul-Ago / Nov/Dic
Aysén del General		
Carlos Ibáñez del Campo	0	
Magallanes y la Antártica	0	
Número Total de Estaciones	69	

Fuente: Dirección General de Aguas (DGA, 2009)

Figura 2.27 Distribución geográfica de estaciones de calidad de aguas subterráneas para el año 2008



Fuente: Elaboración propia a partir de datos DGA (2009)

Por ultimo, cabe señalar que al igual que el control y monitoreo continuo de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, es de gran importancia para la gestión de los recursos hídricos, la estimación periódica de los caudales de los distintos cursos de agua existente en el país. Es por ello, que la DGA realiza anualmente una detallada planificación, estableciendo un determinado número de aforos, que permite contar con información confiable y sistemática para un adecuado análisis en la gestión de los recursos hídricos. En el cuadro 2.24 se entregan los aforos que se programaron para el año 2009 en cada una de las regiones.

Cuadro 2.24 Aforos programados para el año 2009

Regiones	Nº de Aforos 2009
Arica y Parinacota	84
Tarapacá	138
Antofagasta	194
Atacama	159
Coquimbo	330
Valparaíso	132
Región Metropolitana	126
O'Higgins	169
Maule	349
Biobío	269
Araucanía	246
Los Ríos	120
Los Lagos	176
Aysén	175
Magallanes	291
TOTAL	2958

Fuente: Dirección General de Aguas (DGA, 2009)

2.3.2 COBERTURA DE SERVICIOS SANITARIOS

El sector sanitario lo conforman todas aquellas industrias destinadas a producir y distribuir agua potable. Estas empresas son las encargadas de recolectar, disponer y tratar las aguas servidas de los sectores urbanos del país.

Las coberturas de los servicios sanitarios, en particular los relacionados con la distribución de agua potable y alcantarillado, están orientados principalmente a la población que habita de forma permanente en las áreas de concesión de las empresas sanitarias. De acuerdo a la actual legislación, las concesiones para estos servicios están definidas en zonas urbanas o urbanizables según los planos reguladores. Sin embargo, por ley algunas concesiones han debido considerar áreas rurales, ya que al momento de dictarse la legislación, estas áreas habían sido abastecidas por los servicios de agua potable y alcantarillado.

2.3.2.1 Agua potable

La cobertura de agua potable corresponde al porcentaje de personas que habitan o residen en viviendas y reciben el servicio de agua potable de alguna empresa sanitaria a través de sus redes de distribución.

A mediados de la década del noventa, un 98,9% de la población urbana contaba con cobertura de agua potable, mientras que un 90,4% contaba con acceso a alcantarillado, cifra altamente significativa en comparación al

resto de los países latinoamericanos. A diciembre del 2008 el porcentaje de población urbana que contaba con acceso a las redes públicas de agua potable alcanzaba el 99,8%, mientras que un 95,3% contaba con acceso a sistema de alcantarillado, lo que indica un alto grado de cobertura alcanzado por el sector sanitario en este nuevo milenio. En el cuadro 2.25 se muestra la evolución histórica de la red de agua potable en los últimos 13 años.

Cuadro 2.25 Cobertura histórica de Agua Potable, de las principales empresas sanitarias

Años	Cobertura Agua Potable
1996	98,9%
1997	99,3%
1998	99,3%
1999	99,2%
2000	99,6%
2001	99,7%
2002	99,8%
2003	99,8%
2004	99,7%
2005	99,8%
2006	99,8%
2007	99,8%
2008	99,8%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por la SISIS (2009)

En el cuadro 2.26 se entregan los porcentajes de cobertura de agua potable en la población urbana, desglosada por regiones al año 2008.

Cuadro 2.26 Cobertura de agua potable por región para el año 2008

Región	Población urbana estimada	Población abastecida con agua potable	Cobertura %
Tarapacá	271.793	271.679	100
Antofagasta	512.643	512.643	100
Atacama	245.989	245.378	99,8
Coquimbo	545.497	545.132	99,9
Valparaíso	1.465.190	1.455.288	99,3
O'Higgins	609.960	605.133	99,2
Maule	685.455	683.616	99,7
Biobío	1.662.927	1.651.452	99,3
Araucanía	615.338	613.965	99,8
Los Lagos	527.882	527.789	100,0
Aisén	79.411	79.411	100,0
Magallanes	143.682	143.669	100,0
De los ríos	225.496	225.492	100,0
Arica y Parinacota	194.204	194.143	100,0
Metropolitana	6.649.583	6.649.092	100,0
TOTAL	14.435.050	14.403.881	99,8

Fuente: Elaboración propia a partir de SISIS 2009

2.3.2.2 Alcantarillado

El porcentaje de la población que habita o reside en viviendas y que recibe servicio de recolección de aguas servidas de alguna empresa sanitaria, a través de sus redes de recolección, corresponde a lo que se conoce como cobertura de alcantarillado.

Luego, en el cuadro 2.27 se aprecia la cobertura histórica de alcantarillado en los últimos 13 años, la cual para el año 1996 alcanzaba un 90,4% de la población urbana, llegando hasta un 95,3% de cobertura durante el año 2008. A partir del incremento en el porcentaje de cobertura, se puede apreciar el considerable avance que ha presentado este sector, esperándose que en los próximos años el 100% de la población urbana cuente con servicio de alcantarillado.

Cuadro 2.27 Cobertura histórica de alcantarillado de las principales empresas sanitarias

Años	Cobertura Alcantarillado
1996	90,4%
1997	91,0%
1998	91,6%
1999	92,3%
2000	93,3%
2001	93,8%
2002	94,4%
2003	94,7%
2004	95,0%
2005	95,1%
2006	95,3%
2007	95,3%
2008	95,3%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por la SISIS (2009)

Por otra parte, en el cuadro 2.28 se aprecia la Cobertura de red de alcantarillado por región para el año 2008.

Cuadro 2.28 Cobertura de alcantarillado por región para el año 2008

Región	Población urbana estimada	Población urbana con alcantarillado	Cobertura %
Tarapacá	271.793	263.933	97,1
Antofagasta	512.643	510.885	99,7
Atacama	245.989	234.426	95,3
Coquimbo	545.497	521.382	95,6
Valparaíso	1.465.190	1.336.468	91,2
O'Higgins	609.960	512.356	84,0
Maule	685.455	654.152	95,4
Bíobío	1.662.927	1.494.581	89,9
Araucanía	615.338	577.358	93,8
Los Lagos	527.882	492.908	93,4
Aysén	79.411	74.470	93,8
Magallanes	143.682	140.789	98,0
De los ríos	225.496	201.296	89,3
Arica y Parinacota	194.204	193.226	99,5
Metropolitana	6.649.583	6.553.090	98,5
TOTAL	14.435.050	13.761.321	95,3

Fuente: Elaboración propia a partir de SISS (2009)

2.3.2.3 Cobertura de tratamiento de aguas servidas

Por otra parte, la cobertura de tratamiento de aguas servidas, al igual que la cobertura de alcantarillado, tiene relación con el porcentaje de la población que reside en alguna vivienda y sus aguas servidas son recolectadas por alguna empresa sanitaria y reciben tratamiento en la etapa de disposición. Los tipos de tratamiento existentes son principalmente lodos activados, lagunas de estabilización aireadas y emisarios submarinos. Cualquiera sea el método empleado en el tratamiento de las aguas servidas, dicho tratamiento permite recuperar y mejorar la calidad de los cursos de agua dulce, sobretodo cuando la principal fuente de contaminación de la aguas en Chile corresponde a las descargas líquidas de origen domiciliario. En el cuadro 2.29 se muestra la evolución en el nivel de cobertura del tratamiento de aguas servidas.

Cuadro 2.29 Evolución histórica de la cobertura de tratamiento de aguas servidas

Años	Cobertura de Tratamiento de Aguas Servidas
1998	16,7%
1999	22,6%
2000	20,9%
2001	39,4%
2002	42,3%
2003	66,0%
2004	71,6%
2005	73,4%
2006	82,0%
2007	82,4%
2008	82,6%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por la SISS (2009)

Al año 2008, un 82,6% de la población urbana contaba con el tratamiento adecuado de sus aguas servidas, proyectándose hacia el 2015 una cobertura del 99,1% de la población. En el cuadro 2.30 se aprecia la distribución regional de la cobertura de tratamiento de aguas servidas referidas a población para el año 2008. Por su parte, en la figura 2.28 se muestra la evolución que ha presentado el tratamiento de aguas servidas desde el año 1998 al momento actual y proyectando dicha evolución hasta el año 2015. Este incremento coincide con los requerimientos y exigencias medioambientales que se han ido implementando hacia este sector, debido a lo cual se han realizado mayores inversiones destinadas al tratamiento de las aguas servidas.

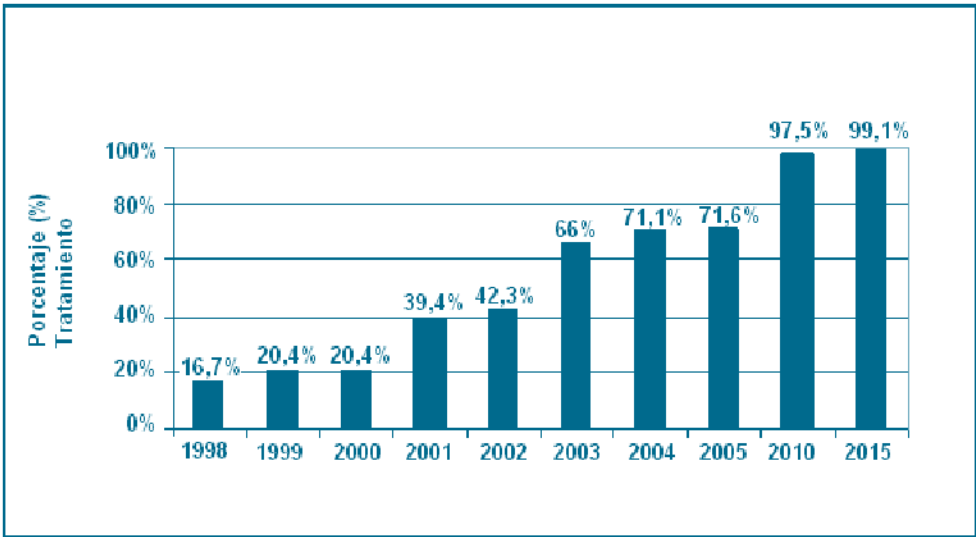
Cabe señalar que este porcentaje de cobertura, en términos de población, corresponde a una estimación del porcentaje de la población urbana, cuyas aguas servidas son recolectadas y sometidas a alguno de los variados tipos de tratamientos, y ello en relación al porcentaje de inmuebles conectados a sistemas de alcantarillado.

Cuadro 2.30 Cobertura de Tratamiento de aguas servidas referidas a población al año 2008

Región	Población urbana estimada	Población urbana con tratamiento de aguas servidas	Cobertura %
Tarapacá	271.793	263.933	97,1
Antofagasta	512.643	510.885	99,7
Atacama	245.989	234.426	95,3
Coquimbo	545.497	506.929	92,9
Valparaíso	1.465.190	1.336.428	91,2
O'Higgins	609.960	512.356	84,0
Maule	685.455	603.862	88,1
Bíobío	1.662.927	1.494.563	89,9
Araucanía	615.338	516.576	83,9
Los Lagos	527.882	490.886	93,0
Aysén	79.411	74.470	93,8
Magallanes	143.682	140.789	89,2
De los ríos	225.496	201.170	89,3
Arica y Parinacota	194.204	193.226	99,5
Metropolitana	6.649.583	4.845.302	72,9
TOTAL	14.435.050	11.925.802	82,6

Fuente: Elaboración propia a partir de SISS (2009)

Figura 2.28 Evolución y proyección de la cobertura de Tratamiento de Aguas Servidas

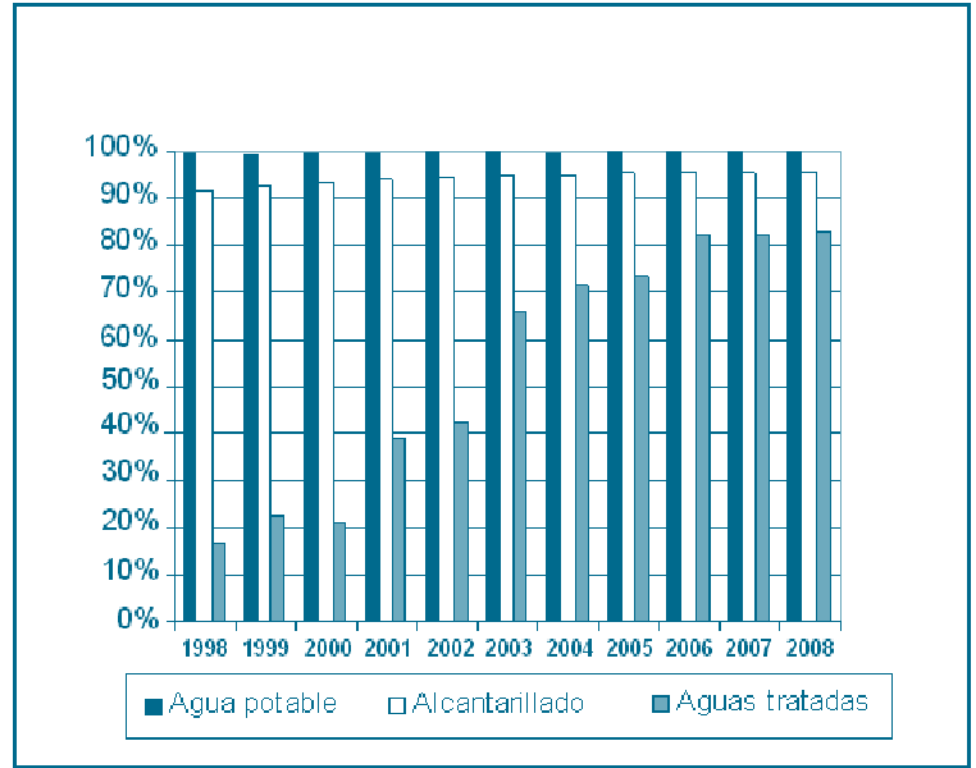


Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por la SISS (2009)

Finalmente, en la figura 2.29 se puede apreciar gráficamente la tendencia al alza en las coberturas de agua potable, de alcantarillado y de tratamiento de aguas servidas a nivel país en los últimos 11 años. Asimismo, la gráfica describe un fuerte crecimiento en la cobertura de tratamiento de aguas ser-

vidas, ya que para el año 1998, esta cobertura corresponde a un porcentaje menor de 20%, siendo para el año 2008, una cobertura sobre el 80% de la población, lo que se traduce en un impacto positivo en la calidad de vida de los habitantes y de los ecosistemas nacionales.

Figura 2.29 Diagrama comparativo de la evolución histórica de las coberturas de agua potable, de alcantarillado y de tratamiento de aguas servidas en los últimos 11 años



Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por la SISS (2009)

2.3.3 ACTUACIONES DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

2.3.3.1 Marco general de la investigación en torno al agua

En relación a las actividades de investigación y desarrollo en el tema de recursos hídricos, llevadas a cabo en el país, se puede destacar que ellas se han efectuado en gran número y en diversos ámbitos, que van desde la ingeniería hidráulica, la ingeniería forestal y la agronomía, hasta la hidrobiología y los estudios ambientales. Desgraciadamente, no existe una sistematización de los trabajos desarrollados, lo cual determina que no se cuente con grandes líneas referenciales acerca de las investigaciones ejecutadas. Así mismo, esta situación se reproduce desde proyectos de gran envergadura, hasta investigaciones puntuales, como suelen ser las tesis de pregrado.

El Comité Chileno para el Programa Hidrológico Internacional de Unesco, hizo un resumen de los principales proyectos desarrollados en el país, en el año 2004, que tienen relación con recursos hídricos. Dicha publicación reúne antecedentes como la localización administrativa, la inversión, los objetivos y los resultados esperados de los proyectos desarrollados en este periodo por las instituciones participantes del Comité, entre las que se cuenta a las Universidades Austral, Católica de Valparaíso, Católica de Chile, de Concepción, de Chile, de Santiago, de Talca y la Universidad Técnica Federico Santa María, además de instituciones como el Centro de Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe (Cazalac); la Comisión Nacional de Riego (CNR); la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA); el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN); la Dirección General de Aguas (DGA-MOP); el Instituto Nacional de Hidráulica (INH-MOP); y el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA), entre otras. Si bien este informe reúne información valiosa sobre la investigación que se realizaba a esa fecha, no es lo suficientemente completa.

Posteriormente, el 2005 el Comité Chileno para el Programa Hidrológico Internacional de Unesco, finalizó un estudio titulado "Situación actual de la investigación sobre Recursos Hídricos en Chile" que, entre otros aspectos, jerarquizó los problemas de los recursos hídricos; y analizó la coherencia entre la problemática de los recursos hídricos, la investigación realizada en Chile y cómo ésta se liga con la asignación de fondos concursables/institucionales. La síntesis del documento, permitió inferir como prioritarias, las siguientes 10 temáticas:

1. Abastecimiento de agua y saneamiento.
2. Desarrollo de aguas subterráneas en Chile.
3. Naturaleza jurídica de los derechos de aprovechamiento y marco legal
4. Gestión integrada y planificación
5. Medio ambiente y contaminación
6. Eficiencia en el aprovechamiento de los recursos hídricos
7. Control de inundaciones
8. Administración del agua y organizaciones de usuarios
9. Evaluación y conocimiento de los RRHH y sistemas de información
10. Educación al público y formación técnica

Estas temáticas rara vez son consideradas de manera explícita por los fondos de investigación nacionales, lo cual se traduce por una parte, en que no existe un programa de investigaciones en torno al agua, exclusivo de alguna línea de financiamiento; y por otro, en que los proyectos referidos al agua son escasamente financiados en el total de concursos. Así por ejemplo, en el último concurso Fondef 2009, sólo un proyecto direccionado al tema agua, fue financiado en el Área de Agua y Energía.

Lo anterior cobra importancia, cuando se considera que el agua por su relevancia vital, es básica para la supervivencia de los ecosistemas, y que por lo que representa para la estructura productiva del país, se constituye en el principal recurso natural de Chile. Sin agua para el desarrollo productivo, el esquema económico y social en que se ha basado el crecimiento económico del país, no tiene asidero

En función de lo anterior y habiéndose detectado este problema ya hace algunos años, existe preocupación en el ámbito de los recursos hídricos por intentar sistematizar la información diseminada, por lo menos en los que respecta a la última década. Es así como el Comité Nacional para el Programa Hidrológico Internacional de UNESCO, CONAPHI-Chile, desarrolló un trabajo denominado, Listado de Investigadores Nacionales, 2002, que permitió identificar a los principales investigadores en recursos hídricos en el país, agrupándolos por especialidad, institución y publicaciones. Este directorio puede ser encontrado en la dirección del Comité Chileno para el Programa Hidrológico Internacional de Unesco, www.phi.cl, en las direcciones de contacto de la página, además de estar disponibles en las universidades e instituciones pertenecientes al Conaphi-Chile.

2.3.3.2 Propuesta de un programa de investigación en torno al agua

En las IX Jornadas de Trabajo del Comité Chileno para el Programa Hidrológico Internacional de Unesco, que se realizaron en el campus Santiago de la Universidad de Talca, en abril de 2005, y en las jornadas posteriores, se han definido algunos aspectos ligados a la investigación científica y tecnológica en torno al agua. Asimismo, un documento del mismo Comité,

preparado por la Comisión de Ciencia y Tecnología, planteaba la detección de una situación preocupante, que decía relación con el estado de la investigación de la temática del agua en el país, el cual no parece tener importantes avances en los últimos años.

Por otra parte, las fuentes de financiamiento de la investigación en el país son variadas y están ligadas a las Universidades, pero primordialmente a los fondos del Estado, como FONDECYT, FONDEF y Fondos CORFO, como INNOVA. Así también existen fondos sectoriales de diferentes ministerios, repartidos en distintas instituciones como la Dirección General de Aguas (DGA), el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), la Comisión Nacional de Riego (CNR), la Corporación Nacional Forestal (CONAF), el Servicio Nacional de Geología y Minas (SERNAGEOMIN), etc. Por otra parte, aunque existe investigación privada, esta es muy específica y siempre condicionada a una realidad propia del usuario. Sin embargo y en términos generales, la cantidad de proyectos de investigación que han sido financiados con los fondos concursables del Estado, principalmente Fondef, Innova (ex FDI) y Fondecyt, es muy baja en relación a otras áreas. Estos 5 años se han financiado 2 proyectos FONDEF relativos al agua.

Este programa, se basaría en los siguientes aspectos

a) Principales problemas detectados.

Los principales problemas detectados en las actuaciones a nivel país, que tienen relación con la gestión científica y tecnológica, ligada a los recursos hídricos, son los siguientes:

- Deficiencias en el conocimiento y en las interrelaciones entre la Precipitación, la Escorrentía Superficial y la Escorrentía subterránea en cuencas Hidrográficas y su incidencia en los ecosistemas y en el sector productivo y energético.
- Contaminación creciente de las aguas en los sectores agrícola, forestal y minero, con deficiencias en las actuaciones de modelación, alerta temprana, monitoreo y restauración de los ecosistemas.
- Carencias en las capacidades de actuación técnica, social, legal, económica y ambiental para una eficiente Gestión Integrada de Cuencas, ligadas a una institucionalidad sectorializada y descoordinada en su accionar.
- Carencias en la información histórica procesada y disponible para una adecuada acción hidrológica, ambiental e hidráulica, relacionada con redes insuficientes de datos hidrometeorológicos y de calidad de aguas.
- Conocimientos insuficientes de las relaciones existentes entre la gestión y los usos del agua, y su incidencia en la biodiversidad y la mantención de los ecosistemas naturales.

b) Objetivos del programa

Generar conocimientos para el aseguramiento de la sustentabilidad productiva y ambiental del país, ligada a la gestión del agua. Y como objetivos específicos:

- Mantener o aumentar sustentablemente la productividad de los ecosistemas a través del incremento del conocimiento de los procesos Precipitación-Escorrentía Superficial - Escorrentía Subterránea, en Cuencas Hidrográficas.
- Facilitar los mecanismos de producción limpia, acceso a los mercados globales y mejoramiento de los índices de salud pública, a través de la disminución y prevención de la contaminación de aguas en el sector agrícola, forestal y minero.
- Establecer propuestas de gestión integrada de cuencas que aumenten la eficiencia de las actuaciones públicas.
- Completar la base de datos país con toda la información histórica procesada y ampliar las redes actuales de datos hidrometeorológicos y de calidad de aguas.
- Mantener sustentablemente de los equilibrios ecosistémicos mediante el aumento de los conocimientos de la relación entre agua y biodiversidad.

c) Los sub-programas:

- Producción sustentable de los ecosistemas.
- Calidad de agua y producción limpia
- Gestión integrada de cuencas
- Captura y generación de información base
- Agua y biodiversidad

2.3.3.3 Líneas de investigación en el país

Si se revisan las actas de los congresos ligados al agua, a nivel nacional, como lo son el Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica y el Congreso Chileno de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, además de sus similares a nivel latinoamericano y mundial, con presencia de investigadores nacionales, se vislumbra una actividad interesante de la investigación en las diversas áreas de conocimiento que se relaciona con los recursos hídricos. La Universidad de Chile, la Universidad de Concepción y la Pontificia Universidad Católica, presentan una actividad de investigación sostenida en Hidrología Superficial, Hidrología Subterránea, Sistemas Ambientales, etc., a través de diferentes grupos de investigación activos. La Universidad de Talca se destaca particularmente por su investigación en Hidrología Forestal e Hidrología Superficial. También aparecen con investigaciones inte-

resantes que mostrar la Universidad Federico Santa María, la Universidad de La Serena, la Universidad de Valparaíso y la Universidad Austral. Por su parte, los organismos gubernamentales proporcionan trabajos importantes en sus áreas de competencia, donde destaca nítidamente la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas, como también la Dirección de Obras Hidráulicas del mismo Ministerio, el Instituto Nacional de Hidráulica, CONAF, SAG, etc.

Por otra parte, a nivel nacional existen variados centros de investigación y grupos de trabajos, que constantemente están desarrollando investigaciones ligadas a los recursos hídricos. Así y a modo de ejemplo, el Centro EULA-Chile, dependiente de la Universidad de Concepción ha realizado una serie de estudios relacionados principalmente con la VIII región del país.

Otros importantes grupos de estudio, por citar algunos, están formados por investigadores de la Universidad de Chile, en materias referidas a agricultura y cambio climático; climatología y física de las nubes; y caudales ecológicos. En la Universidad de Talca destacan estudios en cambio climáticos, derretimiento glaciar, química ambiental aplicada a los recursos hídricos y regadíos. En la Universidad Católica de Chile, destacan grupos de investigadores ligados a la hidráulica fluvial y la hidrología estadística y estocástica. En la Universidad Austral de Chile, se posee una importante experiencia en limnología, constituyendo un centro de investigación de primer nivel en el país en estas materias; etc.

Aparte de los organismos citados existen otras instancias de nivel público que realizan tareas de investigación y desarrollo, como es por ejemplo la Subsecretaría de Pesca. En este contexto, la unidad encargada de medio ambiente de la Subsecretaría, Asuntos ambientales, ha establecido dentro de su ámbito de acción sectorial, lineamientos en cinco actividades productivas, para disminuir, prevenir y/o remediar efectos indeseables y atentatorios para conservación de los recursos naturales. Estos son los procesos de eutrofización de los cuerpos de aguas continentales de IX a la XI Región; el efecto ambiental de la acuicultura; la pesca deportiva y sus siembras de repoblamiento; la introducción y transporte transzonal de especies hidrobiológicas y el establecimiento de parques y reservas marinas. De forma coherente con lo anterior, se han establecido objetivos de investigación, los que en calidad de proyectos, han sido propuestos al Fondo de Investigación Pesquera (FIP) y Banco Integrado de Proyectos (BIP).

Por último y en lo que respecta a este punto, es necesario realizar un mayor esfuerzo en ciencia y tecnología aplicada a la resolución de problemas ligados al sector productivo, lo cual se constituye en un desafío de corto plazo; ello es particularmente importante, cuando se intenta dar respuesta a preguntas clave para el desarrollo del país, como son las siguientes:

a) ¿Cuánta agua consumen las plantaciones forestales que se han hecho en

el país y se siguen haciendo, y cómo inciden éstas en el proceso precipitación esorrentía y en la disponibilidad de agua de las cuencas chilenas?

b) ¿Cuál es la disponibilidad de aguas subterráneas en los distintos ecosistemas áridos y semiáridos y cuál es la real posibilidad de propiciar recargas de las napas de una forma ambiental y sustentable, en tiempo y espacio?

c) ¿Cuál es el nivel de contaminación de las aguas de riego chilenas bajo la presencia de las plantas de tratamiento de aguas servidas?

d) ¿Cuáles son las lluvias de diseño en el territorio nacional, de tal forma que se puedan definir adecuadamente las dimensiones de las obras hidráulicas a construir y bajo un contexto de cambio climático?

e) ¿De qué forma inciden los sedimentos que producen los procesos erosivos en la mayor frecuencia de inundaciones y en la mayor recurrencia de afectación de las obras civiles?

f) ¿Cómo se pueden prevenir las 22 muertes que produjeron los temporales del año 2006 en la Región del BíoBío, y los impactos económicos de las crecidas del año 2008, que sólo por recuperación de obras viales en la Región del Maule costaron una cifra superior a los 8 millones de dólares?

Las preguntas pueden ser muchas más; pero llama la atención que teniendo el país profesionales y especialistas ligados al agua, no se aborden estas temáticas con mayor énfasis, si de estas respuestas depende el desarrollo actual y futuro de Chile.

2.3.4 CONTEXTO JURÍDICO INSTITUCIONAL

El marco jurídico para la gestión de los recursos hídricos esta definido principalmente por el Código de Aguas, vigente desde 1981, el cual sufrió modificaciones en el año 2005, y por un conjunto de otros textos legales entre los que se destacan la ley sobre vertidos, la ley de fomento al riego, el conjunto de instrumentos asociados al sector energía, etc. La dimensión ambiental se incorporó explícitamente a partir de la promulgación de la ley de Bases de Medio Ambiente en 1994. Los roles de los órganos del Estado y las obligaciones y derechos de los individuos se desprenden de ese conjunto de textos legales.

Las siguientes son algunas de las premisas básicas que se derivan del código de aguas y que son determinantes de la forma como se manejan los recursos hídricos del país.

a) El agua es un bien nacional de uso público, es decir, su dominio pertenece a toda la nación.

b) Es posible conceder derechos de aprovechamiento a los particulares; el titular de un derecho de aprovechamiento puede usar, gozar y disponer de él y, como cualquier otro bien susceptible de apropiación privada, tiene protección jurídica similar.

c) Dicho derecho de aprovechamiento es un bien principal, no es accesorio a la tierra o industria para los cuales hubiera estado destinada. En consecuencia se puede transferir o transar libremente.

d) El Estado desempeña un rol subsidiario en el sentido que no realiza aquellas tareas que puede desarrollar el sector privado. En este ámbito, el Estado orienta su acción a las tareas normativas y reguladoras, cumple una función de promoción de la equidad social y también de fomento y desarrollo.

Las siguientes son las características principales de la institucionalidad estatal vigente, en cuanto a la gestión de los recursos hídricos:

a) Concentración en una sola institución de las funciones de medición, investigación y de administración de recursos hídricos que competen al Estado, orientando la evaluación de los recursos hídricos hacia las necesidades mas urgentes, por parte de la autoridad y de los usuarios.

b) Independencia frente a los organismos de Gobierno que atienden a un sector usuario específico, tanto de las tareas de regulación y en lo que respecta al recurso hídrico como desde un punto de vista ambiental.

c) Clara separación institucional de las distintas funciones que desarrolla el Estado.

Sin embargo, una de las limitaciones más importantes que es posible identificar en esta institucionalidad, es la ausencia de instancias de coordinación intersectorial, de carácter público y privado, exceptuando el tema ambiental donde la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) juega un rol fundamental de coordinación y articulación de las instituciones.

2.3.4.1 Institucionalidad del Estado

En Chile existen distintas instituciones ligadas a la gestión y uso del recurso hídrico. Cabe destacar el papel que desempeñan, entre otras instituciones, la Dirección General de Aguas y la Dirección de Obras Hidráulicas, ambos organismos dependientes del Ministerio de Obras publicas; la Corporación Nacional Forestal y el Servicio Agrícola y Ganadero, dependientes del Ministerio de Agricultura; la Dirección General del Territorio Marítimo y de la Marina Mercante y el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la

Armada, dependientes de la Armada de Chile: la Dirección Meteorológica de Chile, dependiente de la Fuerza Aérea de Chile; la Superintendencia de Asuntos Sanitarios y la Comisión Nacional de Riego.

Las funciones que posee la Dirección General de Aguas, las confiere el Código de Aguas, D.F.L. Nº 1122 de 1981, y entre éstas destacan:

• Planificar el desarrollo del recurso en las fuentes naturales, con el fin de formular recomendaciones para su aprovechamiento.

• Investigar y medir el recurso agua y mantener y operar el Servicio Hidrométrico Nacional y el Banco Nacional de Aguas.

• Ejercer la policía y vigilancia de las aguas de los cauces naturales de uso publico, impidiendo que estos se intervengan sin la autorización correspondiente.

• Ocuparse de la constitución de derechos de aprovechamiento de aguas.

• Supervigilar el funcionamiento de las juntas de vigilancia y organizaciones de usuarios de acuerdo con lo dispuesto en el Código de Aguas.

Adicionalmente, el Código de Aguas en el año 2005 sufrió una modificación, en donde sus principales cambios se refieren a (DGA, 2009):

• Solicitud de derechos de aprovechamiento en donde, junto con la solicitud de derechos de aprovechamiento, debe presentarse una memoria explicativa en la que se justificará el caudal solicitado asociándolo al uso que se le pretende dar.

• Patente por no uso del agua donde su finalidad es fomentar el uso efectivo del agua. Consiste en un cobro anual a los titulares de derechos que no cuenten con obras de captación y conducción, cuando se trate de aguas superficiales; obras de captación que permitan el alumbramiento para aguas subterráneas y en el caso de derechos no consuntivos deben existir, además, las obras de restitución respectivas.

• Remate de derechos cuando existan dos o más solicitudes sobre las mismas aguas dentro de los 6 meses siguientes a la primera solicitud y no existen recursos suficientes para satisfacer todas las solicitudes, la Dirección General de Aguas llamará a remate.

• Los Registro de derechos en donde, la Dirección General de Aguas llevará un registro público de derechos de aprovechamiento no inscritos en los registros de aguas de los Conservadores de Bienes

Raíces, susceptibles de ser regularizados. Este registro será antecedente suficiente para determinar los usos de agua susceptibles de ser regularizados. También se establecen nuevas obligaciones, para la DGA, para los titulares de derechos de aprovechamiento, las organizaciones de usuarios y para los Conservadores y Notarios.

- Nuevas facultades de la DGA como por ejemplo, si existiesen cauces naturales, donde no existan organizaciones de usuarios, la DGA podrá detener obras o labores no autorizadas, que pudieran producir perjuicio a terceros. Para lo cual podrá recurrir al auxilio de la fuerza pública. Cuando no exista Junta de Vigilancia legalmente constituida, podrá impedir la extracción de aguas sin título o en mayor cantidad de lo que corresponde. En los ríos, la DGA podrá reservar caudales ecológicos de hasta un 20% del caudal medio anual e incluso hasta un 40% en casos especiales. Declarada zona de escasez, y por un período de 6 meses, la DGA podrá autorizar extracciones de aguas subterráneas o superficiales desde cualquier punto, sin necesidad de constituir el derecho y sin respetar el caudal ecológico.
- Organizaciones de Usuarios donde las comunidades de aguas registradas en la DGA gozarán de personalidad jurídica. Podrán constituirse comunidades de aguas por el sólo hecho de que varios usuarios extraigan aguas del mismo acuífero. Se simplifica el trámite para constituir Juntas de Vigilancia. Estas podrán, además, administrar aguas subterráneas.
- Regularización expedita en donde, mediante procedimientos más flexibles, y por lo tanto más breves, podrán acceder a la constitución de derechos de aprovechamiento por caudales entre 2 y 4 litros por segundo, según el caso, aquellos interesados que se encuentren en alguna de las situaciones descritas por la ley. Solicitudes en trámite, presentadas hasta el 1° de Enero de 2000 o con recursos sin resolver a la fecha de la publicación de la ley Nº 20.017; Solicitudes sobre aguas subterráneas que se presenten dentro de los 6 meses de entrada en vigencia de la nueva ley y que cuenten con captaciones construidas antes del 30 de junio del año 2004. Tratándose de Comités de Agua Potable Rural, si cuentan con personalidad jurídica, se les exige que la obra de captación este construida antes del 31 de Diciembre del 2004 y no se les aplica límite de caudal para constituir los derechos.

Así mismo, la Dirección de Obras Hidráulicas, por su parte, posee como principales funciones:

- Estudiar, proyectar, construir, reparar y explotar las de riego que se realicen con fondos fiscales.
- Supervisar las obras de saneamiento y recuperación de terrenos que se ejecuten con fondos fiscales.
- Estudiar, proyectar, construir y reparar el abovedamientos de los canales de regadío que corren por los sectores urbanos de las poblaciones.
- Proponer la condonación total o parcial de las deudas por saneamiento o recuperación de terrenos indígenas, la que deberá concederse por decreto supremo fundado.
- Desarrollar para las ciudades y centros poblados, planes maestros de sistemas de evacuación y drenajes de aguas lluvias, teniendo presente la situación de las cuencas hidrográficas y tomando las acciones necesarias para evitar la erosión y la deforestación.
- Incentivar en los agricultores y campesinos la realización de proyectos de riego y drenaje intra prediales, que optimicen la utilización de recursos hídricos y suelos, para que postulen a subsidios hasta un 75% del costo total del proyecto.

Así mismo, la Corporación Nacional Forestal, presenta una propuesta de Política Institucional para la ordenación de Cuencas Hidrográficas y Conservaciones de Suelos. Dicha propuesta centra sus lineamientos generales en el objetivo de velar por la conservación y protección del recurso hídrico, teniendo en cuenta que en el manejo integral de cuencas, la relación suelo-agua-vegetación, constituye un elemento fundamental del accionar de todo ecosistema.

En cuanto al recurso hídrico, el papel del Servicio Agrícola y Ganadero tiene relación con la fiscalización de la ejecución de obras. Además, realiza monitoreos de calidad de aguas. El Servicio actualmente postula una política de reutilización de las aguas residuales en la agricultura, en el marco de ciertos cultivos en que se es posible llevar a cabo esta estrategia.

La Dirección General del Territorio Marítimo y de la Marina Mercante DIRECTEMAR es responsable de velar y promover los intereses marítimos de Chile, y entre otros roles, cumple con el de la evaluación de impacto ambiental, la observación del ambiente litoral y la educación y difusión de medidas para la protección del medio ambiente acuático; además está ejecutando el Plan Nacional de Investigación, Vigilancia y Control de la Contaminación Acuática.

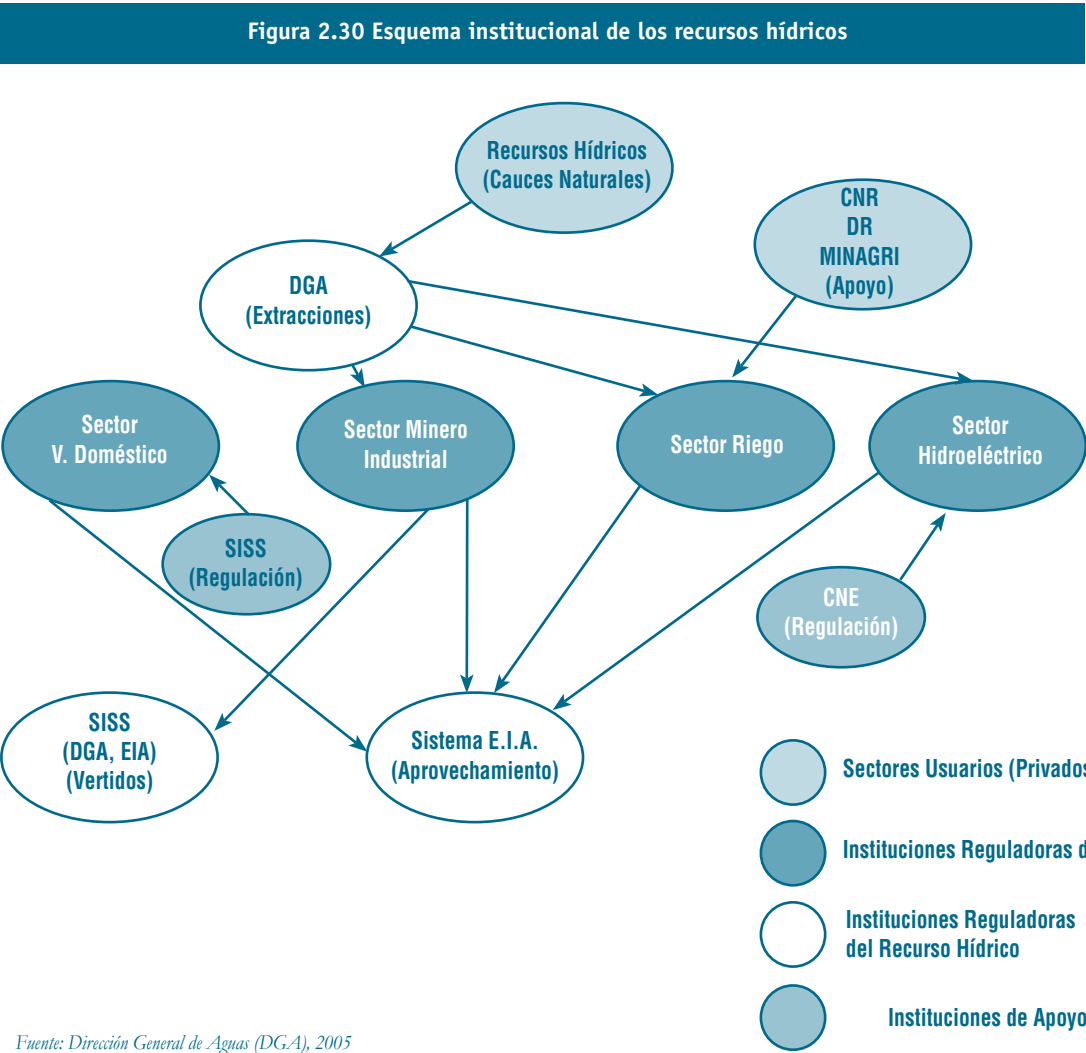
Por otra parte, existe el POAL, Programa de Observación del Medio Ambiente Litoral, el cual posee por objetivo determinar los niveles de concentración de los principales agentes de contaminantes presentes en el agua, en los organismos y en los sedimentos de 25 cuerpos de agua distribuidos a lo largo del territorio nacional.

El Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, tiene las funciones de planear, preparar, ejecutar y controlar los trabajos hidrográficos que se realicen en las zonas de jurisdicción nacional; mantener actualizado un Plan Hidrográfico que considere las necesidades nacionales; mantener un archivo de datos oceanográficos y controlar la investigación científica marina que se realice en aguas jurisdiccionales.

La Dirección Meteorológica de Chile se ocupa de capturar y procesar información meteorológica con el fin de apoyar a la aeronáutica; monitorear corrientes marinas, ligadas – por ejemplo el fenómeno del Niño; Monitorear los regimenes de precipitación, y entregar cuadros sinópticos y pronósticos climáticos a nivel de todo el país.

La Superintendencia de Servicios Sanitarios posee como función garantizar a la población abastecida de los servicios ligados al agua, y a aquella que desea ser abastecida por empresas concesionarias de servicios de agua potable y saneamiento; que el suministro del recurso, así como la cantidad, la calidad y el precio corresponden al ofrecido, de tal forma que éste sea justo y posible de sostener en el largo plazo. Además debe velar porque el agua, una vez utilizada, sea tratada para ser devuelta a la naturaleza en forma compatible con un desarrollo sustentable en el largo plazo. Otra institución vinculada fuertemente a la gestión y aprovechamiento del recurso hídrico es la Comisión Nacional de Riego; para esta institución, el recurso hídrico es el elemento base de su accionar, definido en su misión de coordinar la formulación y la materialización de las política nacional de riego, para el óptimo aprovechamiento de los recursos hídricos del país.

En la figura 2.30 se muestra el esquema institucional relacionado con el recurso hídrico.



Fuente: Dirección General de Aguas (DGA), 2005

2.3.5 NORMATIVA LEGAL

Con el fin de detener la creciente alteración que han sufrido las aguas de ríos, lagos y mares al recibir descargas de aguas servidas domésticas, es que desde el año 1995 la CONAMA dio inicio a la elaboración de Normas de Emisión y Normas de Calidad Ambiental Primarias y Secundarias.

Lo anterior ha traído como resultados la puesta en vigencia de la Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Industriales Líquidos a Sistemas de Alcantarillado (Decreto Supremo N°609/98 del Ministerio de Obras Públicas, en vigencia desde julio de 1998 y su modificación, Decreto Supremo N°3592/2000 del Ministerio de Obras Públicas), que regula las cantidades máximas de contaminantes que las industrias pueden descargar a las redes públicas de alcantarillado con el objetivo de proteger y preservar las redes de alcantarillado de las empresas de recolección y disposición de aguas servidas, como también de las futuras plantas de tratamiento de aguas servidas con el fin de disminuir eventuales riesgos para la población, si los residuos líquidos son vertidos al ambiente como producto de accidentes.

Otro logro es la Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales (Decreto Supremo N°90/2000 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, en vigencia desde el 3 de septiembre del 2001) y cuyo ámbito es prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales en todo el territorio nacional. Se aplica a todos los establecimientos emisores (tanto industriales como sanitarios) que descarguen sus residuos líquidos a cuerpos o masas de aguas superficiales (Ríos, lagos y mar). Sin perjuicio de lo anterior y acorde con el principio de gradualidad de la Ley N°19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente, los establecimientos que a la fecha de promulgación de esta norma estaban funcionando, tienen plazo hasta el 3 de septiembre del 2006 para obligatoriamente actuar según ella.

En cuanto al resto de la normativa ambiental cuyo fin es la protección del recurso hídrico, aún se encuentra en elaboración:

Norma de Calidad para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales, la cual será una norma mixta (primaria y secundaria). La primaria regulará la calidad de las aguas para recreación con contacto directo y el riego de frutas y hortalizas que se desarrollan a ras del suelo; y la secundaria regulará usos tales como: riego, acuicultura, fuentes de agua potable, pesca deportiva, bebida para animales y protección de comunidades acuáticas.

Norma de Calidad Ambiental en Aguas Marinas, tendrá como objetivo proteger las aguas marinas y estuarinas de las amenazas de contaminación.

Norma de Emisión de Residuos Industriales Líquidos a Cursos y Masas de Aguas Subterráneas.

2.4 RESUMEN

Chile posee una oferta de agua estable. La disponibilidad total del país en el año 2003 fue de 60.614 m3/hab/año lo que nos sitúa en el lugar 20 entre los países del mundo, pero la situación respecto al agua en cada una de las Regiones es muy diferente. La Región de Aysén supera en más de 70 veces las precipitaciones de la Región de Antofagasta, y mientras la evapotranspiración en el Norte Grande es mayor al 90%, en el lluvioso sur no alcanza el 20%. Ambos fenómenos combinados con la escorrentía establecen la gran diferencia de disponibilidad de agua por habitante: desde 200 hasta 70.000 m3/hab., una diferencia de 800 veces. El país sería particularmente sensible ante un cambio climático global sobre todo en cuanto a disponibilidad de recursos hídricos en el largo plazo, dado el hecho de que gran parte de su territorio se ubica en una zona de transición climática. No obstante lo anterior, los registros de pluviometría muestran que las precipitaciones entre las Regiones de Coquimbo y Los Lagos no manifiestan una tendencia a disminuir sino a aumentar levemente. Pero en la Región de Aysén la disminución es muy pronunciada.

En la actualidad el 89% del agua se destina a usos no consuntivos, la mayor parte para la generación de electricidad, y solo el 11% se consume. La Dirección General de Aguas (DGA) ha proyectado que en el año 2030 la proporción anterior variará ligeramente: 92% a uso no consuntivo y 8% consuntivo. De los usos consuntivos el riego representa el 73,8% en el país; el uso doméstico es el 6%, y la minería e industria juntas consumen 20,5%. La misma proyección estima que en el 2030 la industria demandará 26% y el riego disminuirá a 60%, manteniéndose con poca variación la minería y el agua potable.

Las Regiones por supuesto tienen demandas de agua muy diferentes. Ha aumentado notoriamente el consumo de agua para la agricultura en las Regiones de Arica y Tarapacá, mientras la demanda en la Región de Antofagasta esta determinada por la minería en crecimiento. El sector agrícola es el mayor consumidor también en Atacama y Coquimbo, pero desde la Región de Valparaíso a la de Bío Bío domina la demanda del sector energético, y en Magallanes la industria ha tenido un significativo aumento en el consumo de agua. Si se considera que en el 2010 la población de Chile será de 16,7 millones de habitantes se necesitarán 1.524 millones de m3 de agua tan solo para consumo doméstico, cifra que sin ser gravitante en la disponibilidad actual y futura del país sí puede provocar problemas de abastecimiento en algunas áreas, pueblos y Regiones.

Es evidente que en ciertas áreas existe un deterioro de la calidad de las aguas continentales respecto a las normas chilenas para riego y consumo

humano, siendo los principales contaminantes el boro, arsénico, cobre, hierro y nitratos. La DGA publicó en 1996 el Mapa Hidroquímico Nacional en el que se obtuvieron los parámetros de contaminantes químicos de las cuencas de todas las Regiones del país constatando los casos en que se sobrepasó la norma de aguas para riego. Así se conoció que el boro y arsénico exceden lo permitido en Lluta y Camarones; el boro también supera la norma en los ríos Huasco, Copiapó y Elqui; el Cachapoal tiene índices altos de hierro y cobre, este último anormalmente alto también en el río Mapocho. Desde la Región del Maule a Magallanes los ríos examinados presentan índices de contaminantes muy por debajo de límite fijado por la norma NCh 1333.

La calidad del agua de los ríos fue estudiada en 2005 por el "Diagnóstico y clasificación de cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad", que abarcó 33 cuencas y empleó un índice de calidad en base a 6 características biológicas, físicas y químicas del agua. Los resultados presentan situaciones muy diferentes de un río a otro y también entre tramos de un mismo río. Sobresalen por su calidad a todo lo largo de su curso los ríos Lauca, Mataquito, Maullín, Aysén, Cisnes y Side, en Tierra del Fuego. Los lagos del Sur de Chile y los lagos nortpatagónicos han presentado un fuerte aumento de la eutroficación causado por las actividades económicas y humanas en sus riberas, que introducen en ellos nutrientes y materia orgánica. Este proceso está más avanzado en los lagos Villarrica, Calafquén, Riñihue y Llanquihue, aunque los efectos nocivos han disminuido paulatinamente con la instalación en las ciudades ribereñas de plantas purificadoras de aguas servidas.

El país posee un alto estándar de servicios sanitarios a la población urbana. En el año 2009 la cobertura de agua potable ha alcanzado a 99,8% en promedio nacional, contando con seis Regiones que ya están equipadas 100%. El alcantarillado llegó al 95,3 de la población urbana nacional en 2008, siendo la Región del Libertador la única cuya cobertura es mucho más baja, 84%. Respecto al tratamiento de las aguas servidas, desde el año 2005, cuando la cobertura de este servicio era 73,4% promedio país hoy día llega a 82,6%, aunque la Región Metropolitana sólo registra 72%. Un aspecto importante es la calidad del agua potable. Aunque ésta se había mantenido en muy buenos niveles, superiores a 98%, causa preocupación el que ha experimentado bajas de hasta 6,3% en el período 2004-2008 en los cuatro componentes de la calidad: bacteriológica, desinfección, contaminantes físicos y químicos, pese a que las empresas sanitarias realizaron en 2008 inversiones por UF 6,2 millones tanto en obras de agua potable (38%), alcantarillado (37%) y tratamiento de aguas servidas (14%) y otras

En cuanto al riego los embalses y canales han aumentado la superficie de regadío que hoy día suma 2,5 millones de ha económicamente regables hasta la Araucanía, de las cuales el 48% tiene riego permanente, y aunque el Ministerio de Obras Públicas invirtió en 2008, M\$ 37.391.163, más del

doble de lo invertido en el año 2006, las obras para riego ya realizadas no son suficientes para cubrir la demanda del sector agrícola.

Los residuos industriales líquidos (RIL) están bajo el control de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) que comparte sus facultades fiscalizadoras con la Dirección del Territorio Marítimo de la Armada, cuando los efluentes se descargan al mar, y con las propias empresas de servicios sanitarios cuando se vierten a redes de alcantarillado. En el año 2008 un total de 642 establecimientos industriales poseían una Resolución de Monitoreo otorgada por la SISS mediante la cual se obligaron a informar la composición de sus efluentes líquidos medidos en 754 puntos de control: el 89,8 de estos puntos descarga los efluentes a aguas superficiales y 10,2% los infiltra en el suelo. La Superintendencia informa que el 87,4% de las industrias sometidas a este régimen de autocontrol dio pleno cumplimiento a las normas y a su compromiso de no exceder los límites e informar oportunamente las novedades.

Ante la creciente contaminación que sufren las aguas de lagos, ríos y mar a cusa de la descarga de aguas servidas y efluentes industriales la CONAMA ha elaborado desde 1995 en adelante un conjunto de normas de emisión y normas de calidad ambiental. Dos normas de emisión han sido particularmente eficaces para disminuir la contaminación de aguas dulces y costeras. La primera regula la descarga de RIL a sistemas de alcantarillado (DS N° 609/98 del MOP) modificado después por DS N° 3592/2000 estipulando las cantidades máximas de contaminantes que pueden ser vertidas; la segunda (DS N° 90/2000 de SGP) regula la descarga de residuos líquidos tanto de plantas sanitarias como de industrias para prevenir la contaminación de aguas marinas y continentales.

En los últimos años la DGA ha efectuado importantes mejoras en el número y aptitud de sus estaciones, muchas de ellas dotadas ahora con sistemas modernos de automatización y transmisión satelital. Así logra tener un alto nivel de captación de datos meteorológicos e hidrológicos en todo el país mediante sus 439 estaciones de fluviometría, 543 de meteorología, 21 de rutas de nieve, 84 de sedimentometría y 614 de aguas subterráneas, que incluyen 188 plataformas satelitales. La DGA mantiene también una red mínima de control de lagos y embalses, la que mide principalmente datos in situ. Son 51 estaciones que abarcan 16 lagos en las Regiones de Coquimbo (Embalse La Paloma), del Libertador (Embalse Rapel), BíoBío, Araucanía, Los Lagos y Metropolitana (laguna de Aculeo). El control continuo de los caudales de los ríos se realiza mediante aforos, de los que se programaron 2958 en el año 2009 en las 15 Regiones.

Existen numerosas investigaciones sobre los recursos hídricos que abarcan todos los ámbitos, pero carecemos de una sistematización completa de ellas. El Comité Chileno para el Programa Hidrológico Internacional de UNESCO (PHI-Chile) efectuó en 2004 un resumen de los principales proyectos desarrollados por las instituciones que lo componen y en el año

siguiente el estudio “Situación actual de la investigación sobre recursos hídricos en Chile” permitió recién entonces establecer prioridades y publicar un Directorio de investigadores. En las XI Jornadas de Trabajo de PHI-Chile, 2005 se consideró preocupante que el estado de la investigación sobre los recursos hídricos no haya tenido avances importantes en la última década, pese que hay suficientes fuentes de financiamiento en las Universidades y organismos estatales.

El marco jurídico para la gestión de los recursos hídricos lo define principalmente el Código de Aguas vigente desde 1981 y por un conjunto de leyes complementarias incluida la Ley de Bases del Medio Ambiente, de 1994. Las funciones de los órganos estatales y las obligaciones y derechos de los individuos se desprenden de esos textos legales. En Chile el agua es un bien nacional de uso público, su dominio pertenece a toda la nación aunque es posible conceder derechos de aprovechamiento a particulares como bien transferible o transable libremente. El Estado desempeña un rol subsidiario, en tareas normativas y reguladoras, concentrando en una sola institución las tareas de medir, investigar y administrar los recursos hídricos. Este organismo es la Dirección General de Aguas del MOP.

Otras Instituciones que intervienen en la gestión de los recursos hídricos son la Dirección de Obras Hidráulicas, también dependiente del MOP, la Dirección General del Territorio Marítimo y el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico, ambos de la Armada, la Superintendencia de Servicios Sanitarios y la Comisión Nacional de Riego.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, A. 2007. Estimación de funciones de probabilidad, para caudales máximos, en la Región del Maule. Tesis Ing. Forestal. Talca, Chile. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Forestales. 90 p.
- Brown, A. 1998. Lineamientos de la investigación en medio ambiente. Documento de trabajo interno. Departamento de Pesquería, Unidad Ambiental, Subsecretaría de Pesca, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Valparaíso, Chile.
- Brown, E. 1997. Disponibilidad de recursos hídricos en Chile en una perspectiva de largo plazo. En: Sustentabilidad ambiental del crecimiento económico chileno. Programa de desarrollo Sustentable, Centro de Análisis de Políticas Públicas, Universidad de Chile, Santiago, Chile. pp. 191-213.
- Cabrera, C. 2008. Análisis de las escorrentías mensuales y anuales de la cuenca del Maipo y la potencial influencia glaciar en la producción de agua. Tesis Ing. Forestal. Talca, Chile. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Forestales. 161 p.
- Cabrera, N. 1994. Estado de las Aguas Continentales y Marinas de Chile. En Perfil ambiental de Chile. Comisión Nacional del Medio Ambiente, pp.173-195.
- Cámara Chileno-Alemana de Comercio e Industria. 2004. Perspectivas de la política energética chilena y acciones para diversificar la matriz energética. Disponible en <http://www.camchal.com/camara/publicaciones/Ministro%20de%20Econom%C3%ADa%20y%20Energ%C3%ADa.pdf>
- Cade Idepe. 2005. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Proyecto P-1940 para la Dirección General de Aguas. 362 p.
- CONAMA. 1994. Perfil ambiental de Chile. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Chile.
- CONAMA, 2005. Recursos hídricos: Normas de calidad de agua. Disponible en <http://www.conama.cl/Portal/1255/article-26359.html>
- Cornejo, F. 2006. Análisis del comportamiento espacial y temporal de las precipitaciones en la Séptima Región del Maule. Tesis Ing. Forestal. Talca, Chile. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Forestales. 73 p.
- Dirección General de Aguas. 1987. Balance Hídrico de Chile. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile.
- Dirección General de Aguas. 1996. Mapa Hidroquímico Nacional. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile.
- Dirección General de Aguas. 1998. Reunión anual de directores regionales. Ministerio de Obras Públicas. Chile, pp. 140
- Dirección General de Aguas. 1999. Política nacional de recursos hídricos. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile.
- Dirección General de Aguas. 1999. Balance de la labor desarrollada durante 1998 y planes para 1999. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile.
- Dirección General de Aguas. 2005. Informe de Gestión DGA. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile.
- Dirección General de Aguas. 2002. Resumen Estado de Embalses. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile. Disponible en <http://www.dga.cl>
- Dirección General de Aguas. 2007. Estimaciones de demanda de agua y proyecciones futuras, zona I Norte, Regiones I a IV; zona II Sur, Regiones V a XII y RM. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Santiago. Chile.
- Dirección General de Aguas. 2007. Informe de Gestión DGA. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile. Disponible en <http://www.dga.cl/otros/documentos/informegestion2007.pdf>.
- Dirección General de Aguas. 2009. Boletín Informativo DGA. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile. Disponible en <http://www.dga.cl/otros/documentos/boletin072009.pdf>.
- Dirección General de Aguas. 2009. Derechos de aprovechamiento de agua subterránea. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile. Disponible en <http://www.dga.cl/index.php?option=content&task=category§ionid=30&id=266&itemid=296>
- Dirección General de Aguas. 2009. Red de estaciones hidrométricas y de monitoreo de calidad de aguas superficiales y subterráneas. Comunicación personal, Departamento de Hidrología, Dirección General de Aguas.
- Dirección de Obras Hidráulicas. 2009. Inversiones históricas del Ministerio Obras Públicas en obras de riego. Comunicación personal, Departamento Nacional, Dirección de Obras Hidráulica.

- León, L. 2006. Análisis comparativo del comportamiento espacial y temporal de las precipitaciones a través del Índice de Fournier Modificado, en las regiones de Coquimbo y Valparaíso. Tesis Ing. Forestal. Talca, Chile. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Forestales. 107 p.
- Morales, C. 2005. Análisis de escorrentías mensuales y anuales de la cuenca del Lontué y la potencial influencia glaciar en la producción de agua. Tesis Ing. Forestal. Talca, Chile. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Forestales. 120 p.
- Olivares C. 2009. Determinación del comportamiento de las precipitaciones y de su agresividad climática, en las regiones del Bío-Bío y de la Araucanía. Tesis Ing. Forestal. Talca, Chile. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Forestales. 108 p.
- Pizarro, R. et al. 2007. Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia para la Zona Centro Sur de Chile. Editorial Universidad de Talca, Chile. Documentos Técnicos del PHI-LAC, N°7, 130 p.
- Pizarro, R. et al. 2008. Análisis del comportamiento y agresividad de las precipitaciones en la zona central de Chile. Revista Ingeniería Hidráulica en México, Vol. XXIII, 2: 91-109.
- Pizarro, R. et al. 2009. Variación temporal de las precipitaciones y caudales en la cuenca del Maipú y la potencial influencia glaciar en la producción de agua 1963-2006. Revista Ingeniería Hidráulica en México, en revisión.
- Salazar, C. y Soto, M. 1999. Caracterización y monitoreo de sistemas lacustres en Chile. En VI Jornadas del CONAPHI-CHILE. Santiago, Chile.
- Superintendencia de Electricidad y Combustibles. 2009. Centrales Hidroeléctricas. Comunicación personal, Departamento Atención Usuarios, SEC.
- Superintendencia de Servicios Sanitarios. 2009. Informe anual de los resultados calidad de agua potable. Variación de la calidad del agua potable entre los años 1997 y 2008. Superintendencia de servicios sanitarios. Disponible en <http://www.siss.cl/propertyvalue-2287.html>.
- Superintendencia de Servicios Sanitarios. 2009. Informe del Cumplimiento de los Planes de desarrollo 2008. Inversiones realizadas en el año 2008. Disponible en <http://www.siss.cl/article-7539.html>.
- Superintendencia de Servicios Sanitarios. 2009. Nómina de establecimientos que deben cumplir DS 46/02 y DS 90/00. Número de industrias autorizadas por la SISS con descarga a cursos superficiales. Disponible en <http://www.siss.cl/article-5290.html>.
- Superintendencia de Servicios Sanitarios. 2009. Nómina de establecimientos que deben cumplir DS MOP N°609/98. Número de industrias autorizadas por la SISS con descarga a sistema de alcantarillado. Disponible en <http://www.siss.cl/article-5289.html>.
- Superintendencia de Servicios Sanitarios. 2009. Informe anual de coberturas de servicios sanitarios entre los años 2005 y 2008. Superintendencia de servicios sanitarios. Disponible en <http://www.siss.cl/propertyvalue-2345.html>
- Superintendencia de Servicios Sanitarios. 2009. Informe de gestión del sector sanitario 2008. Cobertura Histórica de Agua Potable de las Principales Empresas Sanitarias. Superintendencia de Servicios Sanitarios. Disponible en <http://www.siss.cl/propertyvalue-2548.html>.
- Tapia, M. 2007. Comparación de las tendencias espaciales y temporales de las variables precipitación y temperatura para zonas áridas y semiáridas de Chile. Tesis Ing. Forestal. Talca, Chile. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Forestales. 105 p.
- Valdés, R. 2009. Análisis del comportamiento espacial y temporal de las precipitaciones en la Región de los Ríos, la Región de los Lagos y la Región de Aysén. las precipitaciones y de su agresividad climática, en las regiones del Bío-Bío y de la Araucanía. Tesis Ing. Forestal. Talca, Chile. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Forestales. 108 p.
- World Water Assessment Programme. 2003. Water for people water for life. UNESCO. 576 p.

ANEXOS

Cuadro anexo 2.1 Distribución de las precipitaciones mensuales a lo largo del territorio nacional														
Región	Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	ANO
XV	VISVIRI	102,4	70,3	50,9	12,4	1,4	2,0	2,7	4,9	0,8	8,9	11,9	32,5	286,5
I	MAMIÑA	9,7	8,3	5,9	0,3	0,0	0,0	0,6	2,6	0,7	0,1	0,0	1,2	28,3
II	INACALIRI	45,8	41,3	20,5	1,6	1,5	1,0	0,5	1,4	1,8	0,6	0,9	6,5	121,7
II	SAN PEDRO DE ATACAMA	6,0	9,1	3,7	0,2	1,1	1,3	0,0	0,1	0,8	0,7	0,4	0,4	22,4
III	VALLENAR DGA	0,0	0,0	1,6	1,1	3,7	9,9	14,3	8,4	0,5	0,7	0,0	0,1	38,7
III	JUNTA DEL CARMEN	0,0	0,1	2,1	1,4	5,1	10,5	17,2	10,9	1,8	0,7	0,0	0,2	50,0
IV	LA SERENA (ESC. AGRÍCOLA)	0,1	0,1	0,9	1,8	10,9	20,7	28,7	15,7	4,9	3,5	0,4	0,0	87,3
IV	LOS NICHOS	0,2	0,4	1,8	7,7	14,0	33,3	59,2	20,3	4,6	0,9	0,4	0,0	137,4
V	PEDERNAL HACIENDA	1,5	0,0	3,2	9,4	30,7	66,8	80,6	46,8	19,2	5,9	2,7	0,4	252,1
V	COLLIGUAY	0,7	0,4	4,6	21,3	95,4	158,9	172,8	99,8	53,2	15,0	9,3	2,8	608,3
RM	PIRQUE	0,5	2,4	5,3	23,6	67,1	107,7	114,2	72,5	37,6	16,7	12,7	2,6	417,5
RM	YESO EMBALSE	6,1	8,2	8,4	40,5	76,3	135,3	129,1	83,3	45,8	19,5	21,3	8,1	581,9
VI	RAPEL	0,8	2,2	7,7	25,0	99,0	132,5	121,4	91,5	40,8	17,6	8,7	3,8	540,4
VI	LA RUFINA	4,1	3,4	12,3	63,3	170,4	267,9	245,4	150,2	99,2	51,4	33,0	16,4	1.107,8
VII	NIRVILO	4,5	5,8	13,3	45,5	146,8	185,9	177,1	114,9	70,1	34,9	16,8	7,1	802,1
VII	ARMERILLO	17,4	16,1	37,0	139,0	441,2	544,8	499,3	342,2	211,5	125,4	77,7	43,5	2.334,2
VIII	NUEVA ALDEA	12,3	12,2	20,6	63,6	173,3	225,4	188,5	136,8	81,5	54,8	37,0	22,8	1.028,8
VIII	FUNDO ATACALCO	36,8	49,7	60,3	152,6	408,2	463,0	414,0	343,1	204,4	149,6	95,6	68,8	2.446,2
IX	PUEBLO NUEVO (TEMUCO)	38,1	33,5	48,5	90,3	172,2	198,4	183,7	145,9	99,3	78,8	59,0	49,6	1.157,2
IX	VILLARRICA	64,3	53,1	75,0	148,3	303,5	374,1	314,2	270,3	170,9	147,8	108,0	85,6	2.059,2
XIV	LAGO MAIHUE	130,2	115,8	169,6	261,0	451,8	470,9	408,1	332,8	233,2	255,1	207,9	139,2	3.175,6
XIV	LAGO RANCO	73,8	68,2	95,2	153,1	248,5	296,9	267,7	226,2	165,2	140,3	112,3	98,4	1.945,9
X	LA ENSENADA	136,5	107,3	143,0	207,3	302,4	337,7	296,1	249,2	185,5	179,6	158,6	151,9	2.455,2
X	PUERTO MONTT	103,2	99,4	116,3	166,7	249,9	266,3	235,8	197,8	154,3	152,6	116,2	95,7	1.954,2
XI	PUERTO AYSÉN	193,3	168,9	210,6	231,4	304,2	268,0	294,6	270,8	194,3	201,3	180,7	201,7	3074,1
XI	COYHAQUE ALTO	17,2	12,9	22,8	38,8	51,5	36,6	43,8	30,3	18,1	18,0	16,9	20,4	325,4
XII	VILLA TEHUELCHÉ	27,7	27,1	40,3	36,4	34,3	28,7	25,2	30,2	25,9	28,8	27,7	23,3	344,4
XII	PUNTA ARENAS	41,2	31,4	47,1	52,3	51,0	38,6	43,1	50,6	38,9	37,6	33,5	38,0	501,1

Fuente: DGA (2009), Valdés (2009), Olivares (2009), León (2006)

Cuadro anexo 2.2 Principales ecosistemas dulceacuícolas				
Región	Cuenca	Superficie (km2)	Precipitación media	
			m3/s	mm/año
XVI	Río San José antes B.T. Azapa	3.070	5,84	156
I	Entre Pampa del Tamarugal y Quebrada de Cahuisa	18.005	27,3	47,9
II	Río Loa – Río Loa Después Juntar San Salvador	33.865	42,6	39,6
III	Entre Río Copiapo y Quebrada Paipote	18.800	56,1	94,1
	Entre Río Huasco y Río Carmen Enramadilla	9.857	54,8	175
IV	Entre Río Limarí y Río Cogotí en entrada emb. Cogotí	11.760	102	274
	Entre Río Choapa y Estero la Canela	7.600	78,6	326
V	Entre Río Aconcagua y Río Aconcagua en Chacabucuito	7.575	127	529
	Entre Río Maipo y Estero Arrayán en la Montosa	15.157	319	663
VI	Entre Río Rapel y Est. Alhue en Quilamuta	13.710	417	960
	Costera entre Río Rapel y límite regional, y costera entre límite regional y Río Mataquito	4.130	90,5	691
VII	Entre Río Mataquito y Est. Upeo en Upeo	6.312	283	1.413
	Costera entre Río Mataquito y Río Maule – Río Putagán en Yerbas Buenas	20.865	973	1471
VIII	Entre Río Itata y Río Itata en Nueva Aldea	11.385	568	1.550
	Entre Río Bío Bío y Río Malleco en Collipilli	27.782	1.486	1.891
IX	Entre Río Imperial y Río Cholchol en Cholchol	12.085	628	1.638
	Entre Río Tolten y Río Donguil en Gorbea	8.040	732	2.870
XIV	Entre Río Valdivia y Río San Pedro en desagüe lago Riñihue	11.320	960	2.674
X	Entre Río Bueno y Río Pilmaiquén en San Pablo	15.297	1.137	2.344
XI	Entre Río Aysén y Río Blanco después juntar Río Riesco	11.427	813	2.244
	Entre Río Baker y Río Baker Bajo junta Río Colonia	26.726	1.491	1.759
XII	Entre Río Serrano y Río Serrano antes junta con Grey	8.511	293	1.086
	Islas entre límite regional Canal Ancho y Estrecho de la Concepción e islas entre estrecho de la Concepción Canal Sarmiento y Estrecho de Magallanes	21.663	2.895	4.214

Fuente: Dirección General de Aguas (DGA), 1987.

Cuadro anexo 2.3 Consumos sectoriales por región (m3/s)															
Región	Sector Agrícola					Sector Agua Potable					Sector Industrial				
	1990	1993	1999	2002	2006	1990	1993	1999	2002	2006	1990	1993	1999	2002	2006
XV - I	3,3	3,3	3,5	3,5	8,9	1	1,1	1,3	1,4	1,3	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7
II	0,5	0,5	0,5	0,5	3,3	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	0,7	0,9	1,2	1,4	1,3
III	5,2	5,5	6,1	6,4	12,0	0,6	0,6	0,7	0,8	0,7	0,3	0,4	0,6	0,7	0,5
IV	42,3	41,6	40,2	39,5	27,2	0,8	0,9	1	1,1	1,5	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
V	37,7	38,5	40,1	40,9	42,4	3	3,3	3,9	4,2	4,6	3,1	3,4	4	4,4	4,8
VI	128,6	133,2	143,1	148,3	98,0	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	0,6	0,7	1	1,2	1,2
VII	127,3	137,9	161,9	175,4	166,5	1,3	1,4	1,6	1,7	2,2	1,7	1,9	2,5	2,9	3,8
VIII	68,3	71,3	77,8	81,3	69,4	2,2	2,4	2,8	3,1	4,4	29,1	32,7	41,3	46,5	49,5
IX	4,3	6,2	12,9	18,7	11,5	0,8	0,8	0,9	1	1,3	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3
XIV - X	0	0	0	0	3,3	1,2	1,3	1,5	1,6	2,0	1,5	1,9	2,9	3,6	4,1
XI	0	0	0	0	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0,1	0,1
XII	0,1	0,1	0,1	0,1	1,1	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	2,6	2,7	3	3,1	5,9
R.M.	106	108	111	113	82,4	13,8	14,9	17,2	18,5	18,5	6,4	7,2	9,3	10,6	10,4
Total	516	546	611	647	526,7	27,4	29,5	34,1	36,7	40,1	47,1	53,3	68,2	77,2	83,8

Cuadro 3. Consumos sectoriales por región (m3/s) (continuación)

Región	Sector Minero					Sector Energía				
	1990	1993	1999	2002	2006	1990	1993	1999	2002	2006
XV - I	1	1,2	1,5	1,6	3,7	0,6	0,8	1,6	2,3	0,2
II	4,4	4,7	5,5	5,9	15,3	0	0	0	0	1,5
III	9,2	9,6	10,5	10,9	1,6	1,4	1,6	2,2	2,5	0,3
IV	1,1	1,1	1,2	1,3	1,8	0,9	1,2	2,3	3,1	1,3
V	0,8	0,8	0,9	0,9	1,7	16,3	17,6	20,5	22,1	88,0
VI	7	7,2	7,7	7,9	9,4	255	272,6	311,4	332,9	653,8
VII	0	0	0	0	0,0	694,9	738,3	833,6	885,7	1342,4
VIII	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	150,7	206	385,1	526,6	1409,2
IX	0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0,0
XIV - X	1,4	1,5	1,6	1,7	1,5	156,3	238,4	554,1	845	353,6
XI	16,8	17,8	19,9	21	26,0	5,8	13	64,6	144	18,0
XII	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0	0,0
R.M.	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	98,6	113,5	150,5	173	129,0
Total	43,2	45,5	50,5	53,2	62,8	1189	1603	2914	3929	3997,2

Cuadro anexo 2.4 Distribución del uso consuntivo en el ámbito a nivel nacional (m3/s)				
Región	Riego	Agua Potable	Industria	Minería
XV - I	8,926	1,258	1,68	3,665
II	3,308	1,01	1,294	15,259
III	12,033	0,711	0,518	1,604
IV	27,194	1,526	0,251	1,77
V	42,438	4,595	4,806	1,679
RM	82,361	18,51	10,421	0,481
VI	97,964	2,012	1,232	9,396
VII	166,489	2,211	3,771	0
VIII	69,436	4,42	49,541	1,209
IX	11,512	1,325	0,257	0
XIV - X	3,308	1,976	4,089	1,5
XI	0,644	0,194	0,082	25,979
XII	1,119	0,386	5,905	0,234
TOTAL	526,732	40,134	83,847	62,776

Cuadro anexo 2.5 Equivalencias entre caudales y usos sobre las prácticas habituales en el país, en relación a los aprovechamientos de aguas

A.- REQUERIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO POTABLE		
a) Fuente Superficiales		
USOS	VALOR	UNIDAD
Sectores mixtos con ocupación residencial, comercial e industrial	7,6	l/s/1000 hab
Sectores residenciales de baja densidad habitacional (inferior a 100 habitantes por hectáreas)	50	l/s/1000 hab
Sectores con Alta Estacionalidad	30	l/s/1000 hab
Sistemas de Agua Potable Rural	2,5	l/s/1000 hab
Campamentos o faenas productivas	2,5	l/s/1000 hab
b) Fuentes Subterráneas		
Demanda Promedio Anual		
USOS	VALOR	UNIDAD
Sectores mixtos con ocupación residencial, comercial e industrial	160	m3/año/hab
Sectores residenciales de baja densidad habitacional (inferior a 100 habitantes por hectáreas)	650	m3/año/hab
Sectores con Alta Estacionalidad	450	m3/año/hab
Sistemas de Agua Potable Rural	79	m3/año/hab
Campamentos o faenas productivas	79	m3/año/hab
Demanda Máxima Puntual		
USOS	VALOR	UNIDAD
Sectores mixtos con ocupación residencial, comercial e industrial	7,6	l/s/1000 hab
Sectores residenciales de baja densidad habitacional (inferior a 100 habitantes por hectáreas)	50	l/s/1000 hab
Sectores con Alta Estacionalidad	30	l/s/1000 hab
Sistemas de Agua Potable Rural	2,5	l/s/1000 hab
Campamentos o faenas productivas	2,5	l/s/1000 hab
B.- REQUERIMIENTO DE AGUA PARA RIEGO		
a) Fuente Superficiales		
USOS	VALOR	UNIDAD
Demanda de agua para riego	2,5	l/s/há
b) Fuentes Subterráneas		
Demanda Promedio Anual		
USOS	VALOR	UNIDAD
Demanda de agua para riego	15,000	m3/año/há
Demanda Máxima Puntual		
USOS	VALOR	UNIDAD
Demanda de agua para riego	2,5	l/s/há
C.- REQUERIMIENTO DE AGUA PARA MINERIA METALICA		
USOS	VALOR	UNIDAD
Consumo en la Mina	0,10	m3/ton de Mineral
Flotación	0,80	m3/ton de Mineral
para producción diaria mayor que 8.000 ton/día	2,0	m3/ton de Mineral
para producción diaria mayor que 8.000 ton/día		
Lixiviación	0,40	m3/ton de Mineral
Proceso de Oro	0,50	m3/ton de Mineral
Proceso de Fierro	0,20	m3/ton de Mineral
Nota: Estos valores pueden aumentar en un 50% si se debe transportar el mineral lejos para su procesamiento y no se dispone de recirculación de esta agua.		

Continuación Cuadro 5

D.- REQUERIMIENTO DE AGUA PARA MINERIA NO METALICA		
USOS	VALOR	UNIDAD
Producción de Nitrato	10,0	m3/ton Producida
Producción de Carbonato de litio	20,0	m3/ton Producida
Producción de Yodo	1,400	m3/ton Producida
Producción de Yodo	2,0	m3/ton Caliche
E.- REQUERIMIENTO DE AGUA PARA TURISMO		
USOS	VALOR	UNIDAD
Hoteles y moteles con servicios básicos	400	l/pasajero/día
Hoteles de Lujo	800	l/pasajero/día
Parques de Agua	1,0	m3/m2/año
Camping	210	l/hab/día
F.- REQUERIMIENTO DE AGUA PARA ACUICULTURA		
USOS	VALOR	UNIDAD
Producción de Salmónidos	500.000	m3/ton
Producción de Trucha Arcoiris	300.000	m3/ton
Producción de Bagre	8.000	m3/ton
Producción de Camarón de Río	30.000	m3/ton
Producción de Langosta de Agua Dulce	70.000	m3/ton
G.- REQUERIMIENTO DE AGUA PARA INDUSTRIA DE ALIMENTOS		
USOS	VALOR	UNIDAD
Carnes, aves y pescados		
Agua para proceso de bovino o equino matadero	20,0	m3/ton
Planta de proceso	35,0	m3/ton
Planta de empaquetado	35,0	m3/ton
Planta de cecinas	25,0	m3/ton
Frutas y vegetales		
Conserva de frutas	35,0	m3/ton
Conserva de vegetales	35,0	m3/ton
Congelados de vegetales	12,0	m3/ton
Jugos de frutas	16,0	m3/ton
Mermeladas	16,0	m3/ton
Industria Lechera		
Uso de agua para producción lechera	5,0	m3/ton
Bebidas		
Industrias vinícolas	21,0	m3/ton
Bebidas Malteadas	10,0	m3/ton
Cervezas	10,0	m3/ton
Bebidas no alcohólicas y aguas gaseosas	6,0	m3/ton
H.- REQUERIMIENTO DE AGUA PARA INDUSTRIA TEXTILES Y CUERO		
USOS	VALOR	UNIDAD
Textiles		
Hilado, tejido y acabado de textiles	30,0	m3/ton
Fabricación de tejidos de punto, tapices y alfombras	33,0	m3/ton
Fabricación de cordelería	10,0	m3/ton
Tejidos y manufacturas de algodón, lana y sus mezclas	40,0	m3/ton
Tejidos y manufacturas de fibras artificiales y sintéticas	62,0	m3/ton
Cuero		
Fabricación de prendas de vestir mediante el corte y costura de cuero	30,0	m3/ton
Curtidurías y talleres de acabado	49,0	m3/ton
Fabricación de calzado	5,0	m3/ton

Continuación Cuadro 5

I.- REQUERIMIENTO DE AGUA PARA INDUSTRIA Y PRODUCTOS DE LA MADERA		
USOS	VALOR	UNIDAD
Madera		
Aserraderos, talleres de cepilladuría y otros talleres para trabajar madera	0,6	m3/ton
Fabricación de envases de madera	0,7	m3/ton
Fabricación de muebles y accesorios	0,8	m3/ton
J.- REQUERIMIENTO DE AGUA PARA INDUSTRIA DE PAPEL Y CELULOSA		
USOS	VALOR	UNIDAD
Celulosa		
Proceso de celulosa sistema kraft	110,0	m3/ton
Proceso de celulosa sistema Termomecánico	35,0	m3/ton
Proceso de celulosa sistema Termomecánico Químicamente blanqueado	75,0	m3/ton
Papel		
Total (sin agua de enfriamiento)	90,0	m3/ton
Papel Fino	35,0	m3/ton
Papel tipo Tissue	90,0	m3/ton
Papel Corrugado	35,0	m3/ton
Papel de Diario	65,0	m3/ton
K.- REQUERIMIENTO DE AGUA PARA INDUSTRIA QUIMICA Y FARMACEUTICA		
USOS	VALOR	UNIDAD
Química		
Nitrógeno	70,0	m3/ton
Etileno	30,0	m3/ton
Amoniaco	15,0	m3/ton
Acido Fosfórico	20,0	m3/ton
Propileno	18,0	m3/ton
Polietileno	9,0	m3/ton
Cloro	13,0	m3/ton
Acido Sulfúrico	7,0	m3/ton
Oxígeno	2,0	m3/ton
Fabricación de sustancias químicas industriales básicas, excepto abonos	160,0	m3/ton
Fabricación de abonos y plaguicidas	270,0	m3/ton
Fabricación de resinas sintéticas, materias plásticas y fibras artificiales, barnices y lacas	8,0	m3/ton
Refinerías de petróleo	18,0	m3/ton
Farmacéutico		
Fabricación de productos farmacéuticos y medicamentos	8,0	m3/ton
Fabricación de jabones y preparados de limpieza, perfumes , cosméticos	2,0	m3/ton
L.- REQUERIMIENTO DE AGUA PARA INDUSTRIA DE CEMENTO, VIDRIO Y CERAMICA		
USOS	VALOR	UNIDAD
Cemento, Vidrio y Cerámica		
Cemento	5,0	m3/ton
Cerámica	0,8	m3/ton
Vidrio	30,0	m3/ton
M.- REQUERIMIENTO DE AGUA PARA INDUSTRIA DE PRODUCCION DE METALES		
USOS	VALOR	UNIDAD
Metales		
Industrias básicas de hierro y acero	150,0	m3/ton
Recuperación y fundición de cobre y aluminio	80,0	m3/ton
Recuperación y fundido de plomo y zinc	80,0	m3/ton
Refinación y fundición de metales preciosos	8,0	m3/ton

Continuación Cuadro 5

N.- REQUERIMIENTO DE AGUA PARA FABRICACION DE PRODUCTOS METALICOS, MAQUINARIA Y EQUIPO		
USOS	VALOR	UNIDAD
Fabricación de productos Metálicos, Maquinaria y Equipo		
Construcción maquinaria	6,0	m3/ton
Ñ.- REQUERIMIENTO DE AGUA PARA CENTRALES HIDROELECTRICAS		
USOS	VALOR	UNIDAD
Central hidroeléctrica de pasada	Q≤P/10*H	m3/s
El caudal debe mantener la relación indicada entre Potencia (KW) y la altura de caída H (m)		
Fuente. Elaboración propia a partir de datos DGA, 2005		